DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Vierzehnter Jahrgang | 19. Februar 1926 | Heft 8

Das Alter der Drachenbäume von Tenerife.

Von A. PÜTTER, Heidelberg.

Wenn der eilige moderne Reisende das Auto halten lassen soll, um sich etwas anzusehen, was Natur oder Kunst gebildet haben, so muß der Gegenstand schon irgendeinen Rekord darstellen. In Heidelberg zeigt man das größte Faß, in Bunzlau den größten Tontopf. Auf Tenerife sind es die Drachenbäume (*Dracaena draco*), die als die ältesten Bäume der Welt vorgeführt werden. Wer wenig Zeit hat, begnügt sich mit einem Blick auf den Drago von Laguna, wer den Ausflug an der herrlichen Nordküste bis Icod de los Vinos oder weiter ausdehnt, muß den Baum von Icod ansehen.

In der Tat sind diese beiden Bäume — und noch mancher andere — der Beachtung jedes Naturfreundes wert, aber den Rekord an Lebensdauer, der ihnen zugeschrieben wird, halten sie nicht.

Nur wenige Organismen tragen in ihrem Körper oder in einzelnen seiner Teile Merkmale, die eine sichere Bestimmung der Alters ermöglichen. Wohl kennen wir bei den verschiedensten Wesen Zeichen, die erkennen lassen, daß das Individuum gealtert ist, aber daraus läßt sich nicht entnehmen, welche Zeitspanne zu diesem Altern erforderlich war. Bei den dikotylen Bäumen und bei den Fischen gibt es „Jahresringe", die den Zuwachs in einem Jahr erkennen lassen und so eine genaue Zeitbestimmung ermöglichen.

Auf Grund der Zählung dieser Jahresringe wissen wir, daß die Riesenbäume in Kalifornien (Sequoia gigantea) ein Alter von 5000 Jahren und mehr erreichen, daß also in der Tat das Leben eines Individuums, das heute noch blüht und fruchtet, mehr als 3000 Jahre vor dem Anfang unserer Zeitrechnung begonnen haben kann.

Aber diese Bäume sollen noch nicht die ältesten Individuen sein, die die Erde trägt, die Drachenbäume der Kanarischen Inseln gelten als noch älter. Bis in die neueste Zeit hin findet man die Angabe, daß der berühmte Drachenbaum von Orotava 6000 Jahre alt gewesen sei[1]). Als Ersatz für den gestürzten Riesen, der 1867 vernichtet wurde, werden dem Reisenden jetzt die Bäume von Laguna und Icod gezeigt, für die die Altersangaben 1500 und 3000 Jahre betragen, der Baum von Icod ist zum Nationalmonument erklärt.

Worauf gründen sich diese erstaunlichen Alterszahlen?

Die Drachenbäume sind einkeimblättrige Gewächse und bilden dementsprechend keine Jahresringe. Urkunden könnte es auf Tenerife günstigstenfalls seit der Eroberung durch die Spanier 1496 geben, sie könnten also nichts für die Geschichte tausendjähriger Bäume beweisen.

Der Ruhm der Drachenbäume geht, wie der Ruhm von Tenerife selbst, auf ALEXANDER VON HUMBOLDT zurück. Als er 1799 bei der Ausfahrt nach Südamerika sechs Tage lang auf der glücklichen Insel weilte, sah er in Villa Orotava einen gewaltigen Drachenbaum, von dem er berichtet: „Man versichert, daß der Stamm dieses Baumes, der in mehreren sehr alten Dokumenten als die Grenzscheide eines Feldes erwähnt wird, schon im 15. Jahrhundert ebenso ungeheuer war als heutzutage. Seine Höhe schien uns 50—60 Fuß zu betragen. Sein Umfang in der Nähe der Wurzeln beträgt 45 Fuß. Wir konnten ihn nicht höher oben messen, aber Sir GEORGE STAUNTON fand, daß 10 Fuß über dem Boden der Durchmesser des Stammes noch 12 englische Fuß beträgt und sehr gut mit der Versicherung von BORDA übereinstimmt, welcher die mittlere Dicke 33 Fuß 8 Zoll fand. Was HUMBOLDT veranlaßte, den Baum für uralt zu halten, waren offenbar mehrere Momente. Zunächst die historische Angabe, dann die gewaltige Dicke des Stammes und die Vorstellung, daß es sich um einen sehr langsam wachsenden Baum handele. Das geht noch aus dem weiteren Satze HUMBOLDTS hervor: „Unter den organisierten Wesen ist dieser Baum, nebst der Adansonie und dem Boabab von Senegal einer der ältesten Bewohner unserer Erdkugel. Die Boababs übertreffen übrigens noch die Stärke des Drachenbaums von Villa Orotava. Man kennt deren, welche nahe an der Wurzel 34 Fuß Durchmesser haben, ungeachtet ihre ganze Höhe nur 50—60 Fuß beträgt. Aber man muß bemerken, daß die Adansonien viel schneller wachsen als der Drachenbaum, dessen Vegetation sehr langsam ist."

Das historische Argument für das hohe Alter des Individuums, das HUMBOLDT sah, muß gänzlich ausscheiden. Wer einmal versucht hat, zahlenmäßige Angaben über Zeiträume bei den Bewohnern der glücklichen Insel zu sammeln, wird sich rasch überzeugen, daß diese Menschen noch kaum Vorstellungen vom Ablauf der Jahre haben. Selbst das eigene Alter oder das der Kinder ist vielfach unbekannt. Sollte wirklich in „sehr alten" Urkunden der Drago als Grenze erwähnt sein, so fehlt der Identitätsnachweis. Man denke nur an den Baum (Fixus religiosa), unter dem Buddha seine Erleuchtung empfing oder an den „tausendjährigen" Rosenstock in Hildesheim, die — wie historisch bekannt — nachgepflanzt werden, sobald sie absterben, so daß der Beschauer nicht zu kurz kommt (man denke auch an den Tintenklecks in der Wartburg).

[1]) E. KORSCHELT, Lebensdauer, Altern und Tod. Dritte Auflage, S. 67. Jena: G. Fischer 1924.

Es muß also versucht werden, durch unmittelbare Beobachtung an Drachenbäumen die Frage zu entscheiden, ob sie wirklich so langsam wachsen, daß einem Baum von den Maßen, die HUMBOLDT angibt, ein besonders hohes Alter zugesprochen werden kann.

Da nun der klassische Drago selber nicht mehr vorhanden ist, fragt es sich zunächst, ob wir wohl unter den jetzt lebenden Bäumen Exemplare finden, die ihnen vergleichbar sind.

Es hatte der Drago von Villa Orotava im Jahre

	Umfang nahe der Wurzel	Durchmesser 2,8 bis 3,0 m über dem Boden	Höhe
1799:	14,6 m	3,3—3,65 m	15—18 m

und es hat der Drago von Icod de los Vinos im Jahre

1925:	17,45 m	4,82 m	22 m

Der Drago von Icod übertrifft also seinen berühmten Bruder von Villa Orotava in allen Abmessungen. Dieser Baum ist im Laufe der letzten 68 Jahre mehrfach gemessen worden, so daß die Frage zu entscheiden ist, ob er besonders langsam wächst. Sollte sein Alter wirklich nach Jahrtausenden zählen, so dürfte in den letzten 68 Jahren kein erheblicher Zuwachs erfolgt sein. Unter sich vergleichbar sind die Angaben über den Umfang nahe am Boden. Er betrug

		Zuwachs	pro Jahr
1857 nach SCHACHT	12,0 m		
		10,2 cm	
1881 nach SAMLER-BROWN	14,45 m		8,0 cm
		7,0 cm	
1925 nach PÜTTER . .	17,45 m		

Im Mittel der letzten 68 Jahre hat der Umfang des Baumes demnach jährlich um 8 cm zugenommen.

Die geringere Zunahme des Umfanges in der Zeit von 1881—1925 dürfte dadurch ihre Erklärung finden, daß der Platz, auf dem er steht, aufgehöht ist, so daß meine Messung, die 1 m über dem Boden vorgenommen wurde, nicht der Stelle entspricht, an der früher der größte Umfang gemessen worden ist.

Höher am Stamm hinauf ist der Baum in 2,80 m über dem Boden gemessen worden. Die Stelle der Messung liegt jetzt 2,0 m über dem Boden (an der Nordseite des Baumes gemessen) und ist an rundherum verfolgbaren Kerben zu erkennen. Der Umfang in dieser Höhe betrug:

1857 (SCHACHT)	9,5 m
1884 (CHRIST)	11,7 m
1925 (PÜTTER)	15,11 m

Der Zuwachs an Umfang beträgt in diesen 68 Jahren 8,3 cm im Jahr.

Aus diesen Beobachtungen läßt sich berechnen, wie alt der Baum höchstens ist. Es ist eine ganz allgemeine Erfahrung, daß die Größe des Zuwachses mit dem Alter geringer wird. Nehmen wir an, der Baum von Icod sei auch in seiner Jugend nicht rascher gewachsen, als in den Jahren der Beobachtung seit 1857, so erhalten wir einen zu hohen Wert für die Zeit, die ihn von einem kleinen Sämling oder Setzling zu seiner heutigen imposanten Größe heranwachsen ließ. Legen wir die Zahlen für den Zuwachs des Umfanges nahe am Boden von 1857—1881 der Rechnung zugrunde, so wäre der Baum 1739 gepflanzt, rechnen wir nach dem Zuwachs in 2,8 m Höhe über dem Boden (jetzt 2 m hoch) in den Jahren von 1857—1925, so kommen wir auf das Jahr 1742, also praktisch auf die gleiche Zahl. Da nun das Wachstum in den ersten Jahrzehnten seines Lebens zweifellos rascher gewesen ist, so können wir mit Sicherheit behaupten, daß der Drachenbaum von Icod, der den berühmten Humboldt-Baum von Villa Orotava an Größe erheblich übertrifft, keinesfalls älter als 185 Jahre ist.

Ist der Baum von Orotava auch nicht älter gewesen? Diesen Schluß dürfen wir nicht ohne weiteres ziehen, denn die Geschwindigkeit des Wachstums der Drachenbäume ist recht verschieden. Das mag an dem Beispiel des dritten großen Drago erläutert werden, an dem Drago von Realejo bajo, der an Gleichmäßigkeit des Wuchses und Schönheit der Stellung seine beiden berühmten Brüder von Icod und Laguna weit übertrifft. Dieser Baum, auf freier Höhe vor dem Eingang zum Kirchhof aufragend, wurde 1857 von BUNBURRY gemessen. Sein Umfang betrug damals (1,2 m über dem Boden) 4,37 m. Im Jahre 1925 maß er in der gleichen Höhe 6,45 m. In 68 Jahren hatte also der Umfang um 208 cm zugenommen, d. h. jährlich um 3,05 cm. Hieraus ergibt sich, daß der Baum 210 Jahre alt sein könnte, d. h. etwas älter als der Drago von Icod. Um in einer Höhe von 3 m über dem Boden einen Durchmesser von $3^1/_2$ m zu erreichen, wie der Baum von Orotava ihn 1799 hatte, dazu würde der Drago von Realejo bei gleicher Wachstumsgeschwindigkeit, wie er sie in den letzten 68 Jahren hatte, noch etwa weitere 200 Jahre brauchen. Ob er diese Zeit erleben wird, ist zweifelhaft, wahrscheinlich wird ein Baum, der so langsam wächst, nie die besondere Dicke erreichen, die ihn in dieser Hinsicht zu einem Schaustück macht.

Über die Geschwindigkeit der Dickenzunahme des großen Baumes von Villa Orotava sind wir nur für die Jahre von 1799—1843 unterrichtet, d. h. aus einer Zeit, wo der Baum schon hohl und (seit 1819) eines guten Teils seiner Krone beraubt war. Der Umfang nahe am Boden betrug 1843: 15,8 m. Von 1799—1843 hatte er im Umfang um 1,2 m zugenommen, also jährlich um 2,73 cm. Bei so langsamem Wachstum hätte der Baum 575 Jahre gebraucht, um 15,8 m Umfang zu erreichen. Aber diese Altersangabe ist viel zu hoch, denn es ist sicher, daß der Baum in seinen jüngeren Jahren und auch später, solange er noch nicht hohl war, ganz wesentlich schneller gewachsen ist.

Haben wir kein anderes Mittel, das Alter der Drachenbäume zu schätzen, als die Dicke, oder richtiger, die Geschwindigkeit der Dickenzunahme?

Die eigentümliche Verzweigungsart dieser Bäume kann als ein Anhaltspunkt für ihr Alter

benutzt werden. Die übliche Lehre ist, daß der Drago alle 8 oder 11 Jahre blüht, andere geben an: alle 12 Jahre.

Der Sproß, der geblüht hat, verliert dadurch seinen endständigen Vegetationspunkt und stellt sein Längenwachstum ein. Es brechen dann unter der alten Spitze neue Sprosse hervor. Die Zahl dieser Sprosse schwankt bedeutend. Nach der ersten Blüte kommt es zu einer Teilung in 2—12 Äste, nach den späteren Blüten sind schon Teilungen in 4 oder 5 Äste selten und bei den großen Bäumen beobachtet man vielfach, daß unter der Narbe des Blütenstandes nur ein Sproß hervorbricht, so daß dann die Zahl der Blattrosetten nach dem Blühen die gleiche bleibt. Am Baum von Icod, aber auch an anderen, ist diese Abnahme der Zahl der Teilungen sehr auffällig. Wenn es richtig wäre, daß die Blüten alle 11 oder 12 Jahre erschienen, so wäre das ja eine einfache Methode, das Alter der Bäume zu schätzen. Man braucht nur festzustellen, wieviele Blüteperioden der Baum gehabt hat. Nun geht das Blühen aber nicht schematisch in der Weise vor sich, daß alle Sprosse gleichzeitig blühen. Je älter der Baum wird, desto größer werden die Unterschiede der einzelnen Äste, doch sah ich in Laguna einen jungen Drago, der schon die zweite Blütenperiode damit begann, daß von seinen 12 ersten Teilästen nur einer eine Blüte trug, während gleichzeitig (10. IX. 1925) der große Drago an etwa 30% seiner Blattrosetten blühte. Will man also die Zahl der Blüteperioden eines Baumes feststellen, so muß man eine ganze Zahl von Zählungen an verschiedenen Ästen machen.

Ich zählte (1925) am Baum von Icod im Mittel 11 Blüteperioden; an dem von Realejo im Mittel 9 und an dem Drago von Laguno im Mittel 8. Die höchste Zahl, die ich fand, war 13 (Icod und Realejo) und unter diesen waren schon einige, die zu keiner Vermehrung der Blattrosetten geführt hatten. Träfe die verbreitete Meinung zu, daß der einzelne Sproß alle 8 oder 12 Jahre blüht, so würde der älteste Drago nur $12 \times 13 = 156$ Jahre alt sein oder gar nur $8 \times 13 = 104$, aber so schematisch verläuft das Blühen nicht, wir gewinnen auf diese Weise nur eine Minimalzahl für das Alter. Wohl sah ich einen Baum der — 14 Jahre alt — vor 3 Jahren geblüht hatte, ein anderer war 12 oder 13 Jahre alt und hatte im Vorjahre geblüht. CHRIST[1]) erwähnt, daß er einen 9jährigen Drago habe blühen sehen, SCHACHT sogar einen 8jährigen. Demgegenüber steht ein anderer Fall eines gut gewachsenen Baumes von 5,20 m Stammhöhe, der 24 Jahre alt war, und noch nicht geblüht hatte und einer von 25 Jahren, der im August 1925 zum erstenmal blühte. Nicht selten sieht man sehr hoch aufgeschossene Drachenbäume, die noch nicht geblüht haben. Einen solchen im Garten des Hotel Victoria in Villa Orotava schätze ich auf 10 m Höhe. Wie alt mag er sein?

Kann die Dauer einer Blüteperiode 25 Jahre betragen, so könnte ein Baum mit 13 Perioden 325 Jahre alt sein. Nach der durchschnittlichen Zahl der Blüteperioden können wir also das Alter der Bäume nur in sehr weite Grenzen einschließen und sagen, das Alter kann sein für den Baum von

Laguna $> 64 < 200$ Jahre;
Realejo $> 72 < 225$ Jahre;
Icod $> 88 < 275$ Jahre.

Immerhin führt auch diese Betrachtung zu dem Ergebnis, daß die Drachenbäume recht jung sind. HUMBOLDT gibt an, daß der Drago von Villa Orotava noch jährlich Blüten und Früchte getragen habe. Wäre die Angabe richtig, so würde sie zeigen, daß der Baum recht jung gewesen ist. Es handelt sich aber auch nur um eine mündliche Mitteilung der Einwohner. Zu entnehmen ist aus ihr wohl nicht mehr, als daß Blüten keine Seltenheit am Baume von Villa waren und das verträgt sich nicht mit der Annahme eines hohen Alters.

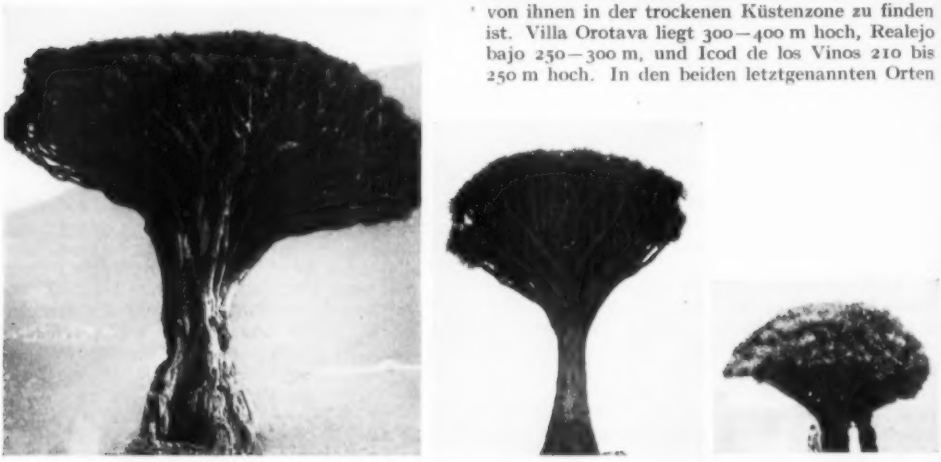
Noch ein Punkt bedarf der Erörterung: Warum sind Drachenbäume von solchen Dimensionen, wie sie die berühmten Exemplare zeigen, so selten? Unter ca. 70 Bäumen auf Kulturland, die ich in Tenerife und 20 Bäumen, die ich in Gran Canaria sah, waren nur 5 (alle in Tenerife), deren Stammumfang 1 m über dem Boden größer als 5 m war. Auf Tenerife dürfte sich kaum noch ein weiterer Baum von solcher Größe finden, der mir unbekannt geblieben wäre.

Der Drachenbaum gehört zur typischen Pflanzenwelt der Trockenschluchten (Barrancos) und hat dementsprechend die Fähigkeit, durch ein sehr weit greifendes Wurzelsystem sich auch auf dürrem Boden soviel Wasser zugänglich zu machen, daß er bestehen kann. Eine besonders kräftige Entwicklung zeigt er aber unter solchen Vegetationsbedingungen nicht. Das lehren am besten die wild wachsenden Drachenbäume. Von den drei Stellen, an denen sich auf Tenerife solche finden, habe ich zwei besucht. Am großartigsten ist das Vorkommen im Barranco del Infierno bei Adeje, wo an äußerst steilen, senkrecht erscheinenden Felswänden weit über 100 Drachenbäume zu sehen sind. Die Standorte sind — glücklicherweise selbst für die Ziegen — unzugänglich, so daß sich die Zahl nur auf die größeren, vom Boden des Barranco aus sichtbaren Exemplare bezieht. Unter ihnen sah ich keinen Baum, der mehr als 4 oder 5 Blüteperioden hinter sich hatte. Einer blühte (vielleicht sechste Blüte). Die kleinen Bäume, die noch gar nicht geblüht hatten, waren besonders zahlreich. Alle Bäume erschienen schmächtig und schlank, im Stamm wie in den Ästen, d. h. sie hatten einen ganz anderen Habitus als die in Gärten oder Feldern wachsenden Drachenbäume. Der Vergleich der beiden Bäume von Fig. 2 zeigt das sehr deutlich.

Ob der Drago bestimmte Böden bevorzugt, ist mir unbekannt, jedenfalls aber kommt er nur dort zu guter Entfaltung, wo die Wasserversorgung

[1]) Botanische Jahrbücher Bd. 6, S. 471. 1885.

reichlicher ist. Laguna (600 m) bietet sehr gute Bedingungen für das Gedeihen, seine Niederschlagshöhe beträgt 725 mm (die höchste auf der Insel gemessene), während Puerto Orotava nur 422 mm hat. Die ganze Südseite trägt keinen berühmten Drago, sie ist wärmer, aber regenärmer als die Nordseite. Die Regenhöhen der Orte der berühmten Drachenbäume sind (außer Laguna) nicht bekannt; doch ist bemerkenswert, daß keiner von ihnen in der trockenen Küstenzone zu finden ist. Villa Orotava liegt 300—400 m hoch, Realejo bajo 250—300 m, und Icod de los Vinos 210 bis 250 m hoch. In den beiden letztgenannten Orten



a b c

Fig. 1. Die Drachenbäume von: a) Icod de los Vinos ca. 22 m hoch, 1923; b) Realejo bajo[1]) ca. 15 m hoch, 1925; c) Laguna ca. 9 m hoch, 1925, in gleichem Maßstabe.

a b

Fig. 2. Gepflegter und wilder Drachenbaum in gleichem Maßstabe. 1925 aufgenommen: a) Drago aus dem Patio des „Institutes" in Laguna, 14 Jahre alt, hat vor 3 Jahren geblüht. Höhe 6 m; b) wilder Drachenbaum aus dem Barranco del Infierno bei Adeje, ca. 4,5 m hoch, hat schon viermal geblüht. Alter unbekannt, doch sicher über 50, wahrcheinlich an 80 Jahre. Nach einer Originalaufnahme von Herrn HEINRICH TRENKEL in Puerto Orotava.

[1]) Für die gütige Erlaubnis zur Wiedergabe dieses Bildes bin ich der Schriftleitung der Zeitschrift „Iberica" zu Dank verpflichtet.

befindet sich außer den offizielll anerkannten noch je ein sehr bedeutender Drachenbaum, der Nachwuchs für die Zeit, wenn die heutigen Größen gefallen sind.

Auch heute gilt, wie zu A. v. HUMBOLDTS Zeiten, der Drago auf Tenerife als sehr langsamwüchsig, und das ist auch im Vergleich zu dem viel rascheren Wachstum der meisten anderen Bäume und Sträucher ganz zutreffend, aber absolut betrachtet, ist er keineswegs besonders langsamwüchsig, besonders nicht, wenn er gut mit Wasser versorgt ist.

Schon CHRIST hat darauf hingewiesen, daß die Drachenbäume recht rasch wachsen können. SCHENK[1]) schätzt den Baum von Icod auf etwa 200 Jahre und fordert neue Messungen für die früher vermessenen Bäume. Aus diesen Messungen ist nun in der Tat zu entnehmen, daß die Drachenbäume gar nicht alt sind. Die gewaltigen Exemplare danken ihre Größe nicht einem besonders hohen Alter, sondern den günstigen Wachstumsbedingungen.

Von den lebenden Drachenbäumen ist keiner auch nur 200 Jahre alt. Ich möchte den Baum von Icod auf 160—170 Jahre schätzen. Da er größer ist, als der von Villa Orotava war, der A. v. HUMBOLDTS Phantasie anregte, liegt kein Grund vor, diesen für wesentlich älter zu halten.

[1]) Beiträge zur Kenntnis der Vegetation der Kanarischen Inseln. Ergebn. d. dtsch. Tiefsee-Expedition Bd. 2, Teil 1. 1908.

Der Baum von Icod scheint noch ganz gesund; er mag noch manches Jahrzehnt weiter wachsen. Den von Laguna halte ich für besonders schnellwachsend, was durch Nachmessung in zehn oder zwanzig Jahren leicht zu entscheiden sein wird. Ich glaube, daß er kaum 100 Jahre alt ist.

In 20 oder 30 Jahren wird sich reichlicheres Material über die Wachstumsgeschwindigkeit der Drachenbäume gewinnen lassen, da ich 17 Bäume verschiedener Größe gemessen habe[1]).

[1]) PÜTTER, Altersbestimmungen an Drachenbäumen von Tenerife. Sitzungsber. d. Heidelberg. Akad. d. Wiss. Mathem.-naturw. Kl. Sitzung vom 14. XI. 1925.

Die Zahl der Bäume scheint sich verringert zu haben, denn wenn CHRIST 1884 schreibt, daß sie allein auf Tenerife in der Nähe der Gehöfte viele Hunderte betrage, so trifft das jetzt nicht mehr zu. Ich habe in und zwischen den beiden Orotavas kaum 40 gezählt, im ganzen auf Tenerife etwa 70. An der Südküste hat wohl nur Sa Cruz eine größere Zahl aufzuweisen, in Guimar ist der Drago eine Seltenheit und im Südosten (Arona, Adeje) habe ich — außer den wilden Bäumen — überhaupt keine gesehen. Sie können also hier jedenfalls nur sehr spärlich vorkommen. An der Nordküste sind wohl viele Bäume der Bananenkultur zum Opfer gefallen.

Strukturelle Fragen der Proteinchemie im Lichte enzymatischer Forschung.

Von ERNST WALDSCHMIDT-LEITZ, München.

Die strukturelle Erforschung der Proteine ist im Laufe der letzten Jahre in eine neue Entwicklung eingetreten. Diese Entwicklung hat ihren Ausgangspunkt genommen von der Erkenntnis, daß die durch die klassischen Untersuchungen EMIL FISCHERS festgestellte Peptidstruktur, eine wesentliche Beteiligung peptidartig verknüpfter α-Aminosäuren am Aufbau der Eiweißmoleküle, zur Erklärung ihrer Eigenschaften und ihres biologischen Verhaltens für sich allein nicht ausreicht. Auch die Anwendung enzymatischer Methoden, die berufen sind, wichtige neue Beiträge zur Aufklärung der Proteinstruktur zu erbringen und über viele der aufgeworfenen konstitutionellen Fragen zu entscheiden, gliedert sich in ihren neuen Ergebnissen dieser Erkenntnis ein. Ihre Bedeutung, die für die strukturelle Erforschung anderer Naturprodukte, beispielsweise für die des Stärkemoleküls[1]), in neuerer Zeit mehr Beachtung gefunden hat, ist auf dem Gebiete der Proteinchemie zu wenig hervorgetreten.

Es ist zwar bekannt, daß die grundlegenden Anschauungen von EMIL FISCHER über die Beteiligung von Peptidbindungen an der Struktur der Proteine ihre vornehmlichste Sicherung weniger in der Auffindung und Identifizierung einfacher Peptide unter den Produkten des hydrolytischen Eiweißabbaus, als vielmehr in der Spaltbarkeit der synthetisch bereiteten Körper durch proteolytische Enzyme gefunden haben; diese Erkenntnis wurde ergänzt und vertieft durch die Erfahrung, daß der Angriff proteolytischer Enzyme fast ausschließlich die aus den natürlich vorkommenden optischen Antipoden der Aminosäuren aufgebauten Peptide betrifft. E. FISCHER verdankt man auch die bedeutsame und für gesichert gehaltene Unterscheidung der beiden wichtigsten tierischen Proteasen, des Pepsins aus dem Magensaft und des Trypsins aus der Pankreasdrüse, nach welcher das erstere, das für den enzymatischen Abbau der meisten Proteine unentbehrlich ist, synthetische Polypeptide in keinem Falle zu spalten vermochte, während ihre dem Trypsin zugeschriebene Hydrolyse durch die Pankreasdrüse und ihre Sekrete sich glatt vollzog. Diese Erscheinung sowohl wie die Tatsache, daß Pepsin und Trypsin auf ganz verschiedenen Wegen auf Eiweiß einzuwirken scheinen, hat mit in erster Linie zu der Auffassung Veranlassung gegeben, daß die Struktur der Proteine und die *Bindungsart ihrer Bausteine keine einheitliche* sein könne. Allein in den Gedankengängen, die die neueren Wege der Eiweißforschung geleitet und die ihren Niederschlag teils in der Anwendung neuartiger Verfahren des hydrolytischen Abbaus, teils in einer mannigfaltigeren synthetischen Verknüpfung von Aminosäuren gefunden haben, hat man der Bedeutung der enzymatischen Kontrolle zu wenig Beachtung geschenkt. Am ausgesprochensten drückt sich die geringe Wertschätzung enzymatischer Methoden in den originellen Untersuchungen von N. TROENSEGAARD[1]) aus, in welchen auch die Verfahren des fermentativen Abbaus als „zu gewaltsam" angesehen werden, „um die wirklichen Bausteine" der Proteine „zu liefern".

Die entgegengesetzte Auffassung dürfte den Vorzug verdienen. Bei der Mannigfaltigkeit der möglichen und wohl auch bestehenden strukturellen Kombinationen und bei ihrer Empfindlichkeit gegenüber chemischen Eingriffen leitende und unterscheidende Merkmale zu finden, werden gerade die fein auswählenden Methoden des enzymatischen Abbaus berufen sein. Allein die bisherigen Ergebnisse der fermentativen Hydrolyse von Proteinen haben nur spärliche und nur in wenigen Fällen genügend gesicherte Aussagen über strukturelle Besonderheiten der angewandten Substrate erlaubt; insbesondere ist die Abgrenzung der für die einzelnen Proteasetypen spezifischen Substrate und die Kennzeichnung ihrer besonderen Wirkungsweise nicht klar genug durchgeführt worden. Dies gilt z. B. für den Vergleich der spezifischen Wirkungen von Pepsin und Trypsin wie für die Abgrenzung der Spezifität von Trypsin und dem

[1]) Vgl. R. KUHN, A. 443, 1. 1925; H. PRINGSHEIM und J. LEIBOWITZ, B. 58, 1262. 1925.

[1]) N. TROENSEGAARD und J. SCHMIDT, H. 133, 116, und zwar S. 117. 1923/24.

von O. COHNHEIM[1]) entdeckten Erepsin der Darmschleimhaut, während die besonderen Wirkungen der meist nur in Gemischen vorkommenden pflanzlichen Proteasen noch viel weniger sicher zu erkennen sind. Auf den Mangel an leitenden strukturellen Gesichtspunkten, der sich aus der Untersuchung der enzymatischen Reaktionsprodukte ergab, ist es zurückzuführen, wenn beispielsweise in den Anschauungen, die J. H. NORTHROP[2]) vertreten und experimentell behandelt hat, die Angreifbarkeit vieler Proteine durch Pepsin oder Trypsin lediglich dem jeweiligen Ionisierungszustand der Substrate zugeschrieben wird, ohne Beachtung der für die Affinität dieser Enzyme maßgebenden chemischen Strukturen. Es steht damit in Einklang, wenn das Lehrbuch von C. OPPENHEIMER[3]), „Die Fermente und ihre Wirkungen", sich die vor allem durch R. O. HERZOG[4]) sowie durch E. ABDERHALDEN[5]) vertretene Vorstellung, die die Proteine als polymere, aus einfachen, regelmäßig wiederkehrenden Grundkörpern aufgebaute Gebilde beschreibt, zu eigen macht und demzufolge die Wirkungen des Pepsins und Trypsins in erster Linie als depolymerisierende behandelt; sie werden von der mit chemischen Methoden faßbaren, auf einfache Peptidbindungen eingestellten Wirkung der Peptidasen, beispielsweise des Erepsins, unterschieden.

Die Fortschritte, die in der Erkenntnis der spezifischen Wirkungen proteolytischer Katalysatoren inzwischen gewonnen worden sind, beruhen auf der *Verbesserung der analytischen und der präparativen Methoden*. Einmal hat die Ausbildung quantitativer analytischer Meßmethoden in der Enzymchemie durch R. WILLSTÄTTER[6]) und seine Mitarbeiter dazu geführt, die Vergleichbarkeit enzymatischer Messungen nach Menge und Aktivität der angewandten Enzyme zu sichern; und für den besonderen Fall enzymatischer Proteolysen hat sich ein neues analytisches Verfahren, die alkalimetrische Bestimmung von Aminosäuren und Peptiden nach R. WILLSTÄTTER und E. WALDSCHMIDT-LEITZ[7]), nämlich in alkoholischer Lösung, als nützlich erwiesen; sie gestattet nämlich zwischen Aminosäuren und Peptiden unter den Hydrolyseprodukten zu unterscheiden.

Bedeutsamer noch sind die Fortschritte, die man der Anwendung der durch R. WILLSTÄTTER eingeführten neuen präparativen Methoden zur Isolierung einheitlicher enzymatischer Individuen verdankt. So haben E. WALDSCHMIDT-LEITZ und A. HARTENECK[8]) durch das Verfahren der fraktionierten Adsorption mittels Tonerde die beiden, in der Pankreasdrüse, ihren Auszügen und ihren Sekreten vergesellschafteten Proteasen, das *Pankreastrypsin* und das *Pankreaserepsin*, in ihren natürlichen Gemischen *voneinander zu trennen* vermocht; und in einer Untersuchung von E. WALDSCHMIDT-LEITZ und A. SCHÄFFNER[1]) hat es sich ergeben, daß auch das Erepsin des Darmes, so wie man es aus der Schleimhaut gewinnt, stets durch Trypsin verunreinigt ist und daß man auch hier mit adsorptiven Methoden die Isolierung der einheitlichen enzymatischen Komponenten erreicht.

Diese Trennung von Trypsin und Erepsin in den Auszügen der Pankreasdrüse wie in denen der Darmschleimhaut hat erst den Weg eröffnet zu einer gesicherten Prüfung ihrer spezifischen Wirkungen sowohl wie auch der Bedeutung des spezifischen Trypsin-Aktivators, der Enterokinase, für die Aktivität dieses Enzyms. Die Auswahl der Substrate, die dem Angriff der getrennten, einheitlichen Enzyme unterworfen wurden, betraf einmal eine Reihe einfacher Peptide, ferner ein Pepton der Pepsinverdauung als proteolytisches Abbauprodukt sowie einfacher konstituierte basische Proteine, wie Protamin und Histon, und endlich eine größere Anzahl höhermolekularer Proteine aus verschiedenen Gruppen dieser Stoffe.

Es hat sich ergeben, daß die *spezifischen Wirkungen der beiden Enzyme strenger* als angenommen *zu unterscheiden* sind; *alle untersuchten Dipeptide* wurden *von Erepsin* hydrolysiert, *keines* derselben dagegen *von dem tryptischen Enzym*, auch nicht ein Tripeptid, das man bisher zu den spaltbaren zählte. Weiter hat es sich gezeigt, daß die *Wirkung des Erepsins auf einfache Peptide beschränkt* ist: weder Pepton noch Protamin oder Histon, noch irgendein anderes der untersuchten Proteine war durch Erepsin zerlegbar, aber alle diese Präparate wurden durch Trypsin hydrolysiert; *in keinem Falle* war eine *Vertretbarkeit* der beiden Enzyme nachzuweisen. Sodann ist an den besprochenen Beispielen der Einfluß der Aktivierung durch die Enterokinase der Darmschleimhaut auf die Aktivität des Trypsins geprüft worden, das unter den Bedingungen seiner Darstellung in nichtaktivierter Form erhalten wird und das nach der Abtrennung des Erepsins auch keine Selbstaktivierung mehr erleidet. Die Ergebnisse dieser Versuche lassen erkennen, daß die Aktivität des Trypsins für die Spaltung höhermolekularer Proteine, wie es ja bekannt ist, durch die Aktivierung mit Enterokinase bedingt ist, daß dagegen in gewissen anderen Fällen, so bei Histon, Protamin oder auch Pepton, das Enzym *auch ohne den Aktivator beträchtliche proteolytische Wirkungen* ausübt. Diese Befunde verdienen insofern eine gewisse Beachtung, als durch sie auch auf einem anderen Wege der Beweis erbracht wird, daß das Trypsin in der Pankreasdrüse nicht, wie man früher annahm[2]), in unfertiger, in Zymogenform

[1]) H. **33**, 451. 1901.
[2]) Naturwissenschaften **11**, 713. 1923.
[3]) 5. Aufl., Leipzig 1925, 2. Band, S. 811 und S. 839.
[4]) Naturwissenschaften **11**, 172. 1923.
[5]) Naturwissenschaften **12**, 716. 1924.
[6]) Vgl. B. **55**, 3601. 1922.
[7]) B. **54**, 2988. 1921.
[8]) H. **147**, 286. 1925.

[1]) Zur Kenntnis des Darmerepsins, H., im Druck.
[2]) Vgl. W. M. BAYLISS und E. H. STARLING, Journ. of Physiol. **30**, 61. 1904; **32**, 129. 1905.

gebildet und erst durch die Enterokinase in aktives Enzym umgewandelt wird, sondern daß dem Aktivator *lediglich die Bedeutung eines Hilfsstoffs* für die Hydrolyse bestimmter Substrate zukommt[1]).

Die erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle, welche die Spezifität von Trypsin und Erepsin vergleicht, in qualitativer Form veranschaulicht.

Spezifität von Trypsin und Erepsin.

(Angaben bedeuten: − = keine nachweisbare, + = positive, ++ = verstärkte Hydrolyse.)

Substrat	Enzym			
	Erepsin aus		Trypsin	
	Darm	Pankreas	aktiviert	nicht aktiviert
Alanyl-glycin	+	+	−	−
Glycyl-tyrosin	+	+	−	−
Glycyl-glycin	+	+	−	−
Leucyl-glycin	+	+	−	−
Leucyl-alanin	+	+	−	−
Glycyl-alanin		+	−	−
Leucyl-glycyl-glycin		+	−	−
Pepton (ex albumine, Merck)	−	−	++	+
Clupein	−	−	++	+
Thymushiston	−	−	++	+
Casein	−	−	+	−
Fibrin	−	−	+	−
Gelatine	−	−	+	−
Gliadin	−	−	+	−
Zein	−	−	+	−
Eieralbumin	−	−	+	−
Ricinusglobulin	−	−	+	−

Die Ergebnisse der in der Tabelle mitgeteilten Versuche über die Hydrolyse einfacher Peptide durch Pankreaserepsin widersprechen den älteren Angaben von E. FISCHER und E. ABDERHALDEN[2]), nach welchen diese Peptide in hydrolysierbare und in nichthydrolysierbare eingeteilt wurden, prinzipiell: *eine qualitative Unterscheidung der natürlich vorkommenden Peptide nach ihrer Spaltbarkeit* durch Pankreaserepsin *läßt sich nicht durchführen*. Die Bedeutung der gewonnenen Resultate wird auch nicht durch den Einwand entkräftet, daß eine qualitative Verschiedenheit zwischen dem Erepsin des pankreatischen Drüsengewebes selbst und dem des Sekretes zu berücksichtigen sei, so wie FISCHER und ABDERHALDEN selbst[3]) gewisse Abweichungen in der Spezifität dieser beiden Enzympräparate gedeutet haben. Aus einer Untersuchung von E. WALDSCHMIDT-LEITZ und A. SCHÄFFNER[4]) geht nämlich hervor, daß das *ereptische Enzym der Pankreasdrüse* in qualitativer wie in quantitativer Spezifität *mit dem Erepsin der Darmschleimhaut identisch* gefunden wird; für die an sich wenig wahrscheinliche Annahme der Existenz zweier verschiedener ereptischer Enzyme in der Drüse, von denen nur das eine das Trypsin in das Sekret begleiten würde, läßt der quantitative Vergleich mit dem Darmerepsin keinen Raum. Die schwer verständliche Aussage, wonach der Organismus an ein und denselben Reaktionsort, in den Darm, zwei Enzyme mit der nämlichen Aufgabe, aber das eine davon mit nur unvollkommen entwickelter Affinität entsenden sollte, erscheint heute in anderem Lichte: in Wirklichkeit sind die beiden Enzyme identisch.

Weiterhin bedürfen auch die zahlreichen Angaben der Literatur über die Hydrolyse von Pepton[1]), von Protaminen[2]), von Histon[3]) und von Casein[4]) durch Erepsin der Richtigstellung; diese Substrate werden, wie die angeführten Versuche zeigen, durch das Enzym gar nicht angegriffen, die Beobachtungen über ihre Hydrolyse sind vielmehr auf die Verunreinigung der angewandten Enzympräparate durch Trypsin zurückzuführen. Auch die Angaben der Literatur[5]), daß durch ereptisches Enzym eine rasche Spaltung der Pepsinpeptone erfolge und daß die aufeinanderfolgende Hydrolyse der Proteine durch Pepsin und Erepsin so vollständig sei wie ihr Abbau durch siedende Säuren, sind also zu streichen; die zugrunde liegenden Beobachtungen beziehen sich vielmehr auf die Einwirkung der drei proteolytischen Enzyme, von Pepsin, Trypsin und Erepsin.

Diese neuen Erkenntnisse führen zu einer Unterscheidung *vier verschiedener Typen proteolytischer Enzyme*, welche sich bis heute zwar nur mit der Angabe spezifischer Wirkungen belegen läßt, die jedoch mit der Kennzeichnung der ihrem Angriff unterliegenden spezifischen Strukturen zu vertiefen sein wird. Zur *ersten Gruppe*, den Peptidasen, gehört das Erepsin, als dessen spezifische Substrate einfache Peptide, z. B. Di- oder Tripeptide, zu gelten haben; eine *zweite Gruppe* umfaßt Enzyme vom Typus des nichtaktivierten Trypsins, dessen Wirkungen zwar nachgewiesen, aber noch nicht mit einem streng spezifischen Substrate gekennzeichnet werden können; für die *dritte Gruppe* wäre das aktivierte Trypsin, also das System Trypsin-Enterokinase, für die *vierte Gruppe* endlich das Pepsin als charakteristischer Vertreter anzusehen, deren spezifische Wirkungen zwar noch nicht mit Sicherheit zu beschreiben, aber zu unterscheiden sind.

Die Hydrolyse der höhermolekularen Proteine

[1]) Siehe dazu E. WALDSCHMIDT-LEITZ, H. **132**, 181, und zwar S. 190. 1923/24.

[2]) H. **46**, 52. 1905.

[3]) a. a. O. und zwar S. 55.

[4]) Zur Kenntnis des Darmerepsins, H., im Druck.

[1]) Vgl. O. COHNHEIM, H. **33**, 451. 1901; E. ABDERHALDEN und P. RONA, H. **67**, 405. 1910; E. ABDERHALDEN und Fr. KRAMM, H. **77**, 425. 1912.

[2]) Vgl. O. COHNHEIM, H. **35**, 134 und zwar S. 140. 1902; F. ROGOZINSKI, H. **79**, 398 und zwar S. 413. 1912; A. CLEMENTI, Biochem. Zeitschr. **136**, 71. 1922/23.

[3]) Vgl. O. COHNHEIM, a. a. O.

[4]) Vgl. O. COHNHEIM, A. CLEMENTI, a. a. O.

[5]) Siehe dazu O. KESTNER, Chemie der Eiweißkörper, Braunschweig 1925, S. 94.

ist zufolge den Angaben der Literatur[1]) durch keine der aus nur zwei Komponenten bestehenden möglichen Kombinationen von Pepsin, Trypsin und Erepsin vollständig; und in den einfachsten Fällen, für den Abbau der Protamine, erweist sich nur das Pepsin als entbehrlich[2]). Die Folgerung verschiedener Angriffspunkte und verschiedener Reaktionswege, die die Literatur erhebt, ist mit der Feststellung zu ergänzen, daß *für eine gegenseitige Vertretbarkeit der vier Enzymtypen* — Pepsin, Trypsin — Enterokinase, Trypsin, Erepsin — bis heute *keine Anhaltspunkte* vorliegen[3]) und daß daher *ihr Angriff auf spezifische Strukturen zu beziehen* sein wird.

Die Hinweise, die sich aus der ausgeprägten Spezifität der Enzyme aus den vier Gruppen von Proteasen auf strukturelle Besonderheiten ihrer spezifischen Substrate ergeben, bilden nur einen vorläufigen Rahmen, er wird mit der Prüfung einer größeren Anzahl bekannter Substrate zu erweitern und vor allem durch die Untersuchung der spezifischen Reaktionsprodukte zu vertiefen sein. Wenn die Forschung beispielsweise unter den spezifischen Substraten des Erepsins bisher die meisten synthetischen Peptide sowie die Peptone und ferner Protamine, Histone und Casein zusammenfaßte, so war man auf Grund dieser gemeinsamen Angreifbarkeit geneigt, die Peptone der Pepsinverdauung als ein Gemisch von Polypeptiden anzusehen, oder man glaubte der Struktur der Protamine als einfacher gebauter Proteine polypeptidähnlichen Charakter zusprechen zu können. Diese Folgerungen werden sich nicht aufrechterhalten lassen; die angeführten Substrate, die durch Erepsin nicht angreifbar sind, wird man strukturell vom Typus der Polypeptide unterscheiden müssen. Zwar ist die Natur der für den Angriff der Enzyme der drei letzten Gruppen von Proteasen spezifischen Strukturen noch nicht erkennbar; aber die Erfahrungen, die über die auswählende Wirkung dieser Enzyme vorliegen, führen zu dem Schlusse, daß sie sowohl von dem in den einfachen Peptiden vorliegenden Typus wie auch unter sich verschieden sein werden.

Die Frage, welche Strukturen neben der einfachen Peptidbindung am Aufbau der Proteine beteiligt sind, ist noch nicht zu beantworten; aber die bis heute über die spezifische Einstellung der einzelnen proteolytischen Enzyme und über ihre Wirkungsweise vorliegenden Beobachtungen erlauben doch eine *Stellungnahme* gegenüber mehreren, in neueren Arbeiten geäußerten *strukturellen Anschauungen*. Wenn in den gedankenreichen Untersuchungen von N. TROENSEGAARD[4]) ein Aufbau der Proteine im wesentlichen aus labilen, sauerstoffhaltigen heterocyclischen Ringen diskutiert wird, durch deren hydrolytische Aufsprengung erst eine sekundäre Bildung von α-Aminosäuren erfolgen soll, so bleibt bei dieser Anschauung die spezifische Einstellung der von den Organismen für den Eiweißabbau benötigten ereptischen Enzyme auf die Lösung einfacher Peptidbindungen ganz unberücksichtigt; man muß die Vorstellungen von TROENSEGAARD für das Verständnis der Spezifität proteolytischer Enzyme als ungeeignet bezeichnen.

Andere Einwände gelten gegenüber der vor allem durch R. O. HERZOG[1]) sowie durch E. ABDERHALDEN[2]) vertretenen und viel erörterten Anschauung, nach welcher das Eiweiß als eine Zusammenfassung mittels Nebenvalenzen assoziierter, Anhydride enthaltender Elementarkomplexe angesehen wird. Die Bedeutung einfacher Aminosäureanhydride für den Aufbau der Proteine ist überschätzt worden. E. WALDSCHMIDT-LEITZ und A. SCHÄFFNER[3]) haben darauf hingewiesen, daß eine Spaltbarkeit von 2,5-Diketopiperazinen unter physiologischen Bedingungen nicht zu beobachten ist und daß man eine wesentliche Beteiligung solcher einfacher Anhydride höchstens für die Struktur der enzymatisch unangreifbaren Proteinoide, z. B. der Seidenfaser und gewisser anderer tierischer Skelettsubstanzen, anzunehmen hat. Die Annahme durch Nebenvalenzen zusammengefaßter Assoziationen zur Deutung des Aufbaus von Proteinen scheint zudem geeignet, die klare Linie einer strukturell-chemischen Fragestellung zu verwirren[4]).

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen über die Wirkungsweise der verschiedenen Proteasen zwingen im Gegenteil zu einer *strenger chemischen Auffassung der Proteinstruktur*. Nicht nur, daß die Wirkung des enzymatisch einheitlichen, *erepsinfreien Trypsins*, die auf Grund der Anschauungen ABDERHALDENS von C. OPPENHEIMER[5]) als überwiegend desaggregierende betrachtet worden ist, durch den *Zuwachs freier Carboxylgruppen*, der sehr bedeutend ist, gemessen werden kann; man beobachtet dabei auch die *Abspaltung* einer sehr beträchtlichen Menge *freier Aminosäuren*; und weiter wird aus einer Untersuchung von E. WALDSCHMIDT-LEITZ und E. SIMONS[6]) zu ersehen sein, daß auch die Wirkung des *Pepsins*, dem noch ausgesprochener depolymerisierende Funktionen zugesprochen werden, in der *Freilegung von Carboxyl- und Aminogruppen*, und zwar in einem bestimmten, charakteristischen Verhältnis, besteht.

---

[1]) Vgl. E. FISCHER und E. ABDERHALDEN, H. **39**, 81; **40**, 215. 1903; V. HENRIQUES und J. K. GJALDBAEK, H. **75**, 363. 1911.

[2]) M. TAKEMURA, H. **63**, 201. 1909; F. ROGOZINSKI, H. **79**, 398. 1912.

[3]) Siehe dazu V. HENRIQUES und J. K. GJALDBAEK, a. a. O.

[4]) Siehe dazu Zeitschr. f. angew. Chem. **38**, 623. 1925.

[1]) Naturwissenschaften **11**, 172. 1923.

[2]) Naturwissenschaften **12**, 716. 1924.

[3]) H., im Druck.

[4]) Siehe dazu C. OPPENHEIMER, Das Ende der Moleküle. Unterhaltungsblatt der Vossischen Zeitung, Nr. 498 vom 21. X. 1925.

[5]) Die Fermente und ihre Wirkungen, 5. Aufl., 2. Band, S. 839. Leipzig 1925.

[6]) Noch unveröffentlicht.

In Übereinstimmung damit stehen die neueren Befunde von K. FELIX[1]) über die Hydrolyse des Thymushistons durch Pepsin, bei welcher eine erhebliche Zunahme methylierbarer Aminogruppen und eine Abspaltung von freiem Lysin beobachtet worden ist.

Die Frage nach dem Vorkommen polymerer Diketopiperazine in Proteinen haben indessen in einer neueren Untersuchung M. BERGMANN, A. MIEKELEY und E. KANN[2]) in strukturchemischer Richtung zu vertiefen versucht. Diese Forscher haben den Nachweis geführt, daß hydroxylhaltige Peptide unter gewissen Bedingungen unter Wasserabspaltung in einfache Diketopiperazine mit ungesättigter Seitenkette übergehen und daß diese ungesättigten Anhydride eine ausgesprochene Neigung zur Bildung polymerer Produkte aufweisen. Es ist bemerkenswert, daß diese polymeren Anhydride, die von BERGMANN in ihrem „übermolekularen Zustande" und in anderen Eigenschaften mit den natürlichen Proteinen verglichen werden, für die die strukturelle Aufklärung indessen noch aussteht, bei der Hydrolyse z. B. mit Säure in Tetrapeptide überzugehen scheinen. Ein solcher Übergang polymerer Diketopiperazine in höhere Peptide ist nun von BERGMANN als ein Teilvorgang auch des enzymatischen Abbaus von Proteinen diskutiert worden; mit dieser Annahme ist indessen die beobachtete Abspaltung beträchtlicher Mengen freier Aminosäuren durch Trypsin, das gewöhnliche Peptidbindungen, z. B. in Tripeptiden, nicht zu lösen vermag, noch nicht in Einklang zu bringen. Vielleicht wird die fraktionierte Hydrolyse von Proteinen durch einheitliche enzymatische Individuen, die jetzt zur Verfügung stehen, und die Isolierung ihrer spezifischen Reaktionsprodukte nähere Einblicke in die zugrunde liegenden strukturellen Vorgänge erlauben.

[1]) H. 146, 103. 1925.
[2]) A. 445, 17. 1925.

Probleme der Erdöltechnik.

Von LEOPOLD SINGER, Wien.

Unter den Großindustrien, welche in engem Zusammenhange stehen mit den wirtschaftlichen Verhältnissen — insbesondere denen einzelner Länder, die als Hauptproduktionsstätten von Erdöl in Frage kommen — nimmt die Erdöltechnik eine ganz eigenartige Stellung ein. Während sonstige Großindustrien sich in der technischen Durchführung ihrer Arbeitsprozesse nur oder fast nur von technischen Erwägungen leiten lassen und leiten lassen müssen, ist die Erdöltechnik mit der Erdölwirtschaft bzw. im Wege dieser letzteren mit der allgemeinen Wirtschaft ganz eigenartig verknüpft. An die Verarbeitungsmethoden des Rohmaterials werden ständig wechselnde Ansprüche gestellt, denen, vermöge der besonderen Elastizität des Rohmateriales, der Betrieb auch bis zu gewissen Grenzen folgen kann. Nicht zum geringen Teil in dieser Undefiniertheit der als Erdölderivate (Fraktionen oder Rückstände) auf den Markt kommenden Endprodukte liegt die Möglichkeit, durch Grenzverschiebungen der für ein bestimmtes Material konventionell vereinbarten Charakteristica neuartige und für andere Zwecke dienende Produkte herzustellen. Und nicht zum geringen Teil liegt auch die heute noch vorwiegend *empirische* Technik der Erdölverarbeitung darin, daß es sich hier eben bis jetzt nicht um wohldefinierte, einheitliche Körper gehandelt hat, sondern um Mischungen aller Art, welche in ihrer Zusammensetzung außerdem noch von der Natur des Rohöles und von den Veränderungen, denen dasselbe im Erdinnern unterworfen wurde, abhängig sind. Diese Eigenheit der Erdöltechnik hat bewirkt, daß ihr immer noch mehr der Charakter des Handwerksmäßigen anhaftet, und daß die Verwertungsmöglichkeiten mehr im Wege einfacher Methoden und Hilfsmittel gesucht und versucht wurden.

Nur so ist es zu erklären, daß ein Naturschatz, wie es (trotz aller voraussichtlich noch aufzufindenden, wenn auch bis heute unbekannten Vorkommen) das Erdöl ist, in der rohesten und barbarischsten Weise „verbraucht" wird: zum Verbrennen und Verheizen. Diese Methode, ein brennbares Material auf Nimmerwiedersehen los zu werden, liegt weit ab von jenen chemischen Methoden, welche darauf hinzielen, ein gegebenes Rohmaterial „zu veredeln". Überblickt man jedoch die Fortschritte der letzten ungefähr 15 Jahre, so kann man mit Befriedigung konstatieren, daß dennoch die chemische Veredlung eine immer maßgebendere Rolle in der Erdöltechnik zu spielen beginnt, dies allen Skeptikern zum Trotz, welche alle Bemühungen nach dieser Richtung in das Reich der Utopie verweisen.

Einen sehr wesentlichen Anteil an dieser Sinnesänderung hatte, auch in den Siegerländern, der Krieg. Zum Teil mußte man für das fehlende Erdöl Ersatzstoffe heranziehen, zum Teil sich vom Erdöl emanzipieren, weil es für andere Zwecke als die bisher üblichen dringend benötigt wurde. Man hat also auch hier das in und seit der Kriegszeit so oft geübte Umstellen beobachten können. Die Erdöltechnik ist dieses Umstellen, welches intern für den Betrieb immer einen Krieg bedeutet, seit altersher gewöhnt. Als im Jahre 1859 mit der Erbohrung des ersten Brunnens Erdöl ein Handelsartikel wurde, war es der *„Hunger nach Licht"*, der ihm den Siegeslauf eröffnete. In dem Konkurrenzkampf zwischen Kerze, Rüböl und Leuchtgas blieb Petroleum (als Hauptprodukt der Erdölverarbeitung) bis zum Auftreten der elektrischen Beleuchtung Sieger. Jedermann, der diese Zeiten mitgemacht hat, erinnert sich, wie rasch die Petroleumlampe, die der Luxus der Reichen war,

der unentbehrliche Bedarfsgegenstand des kleinen Mannes geworden ist und die Petroleumkanne den Weg in fast unerforschte Gegenden aller Kontinente gefunden hat. In dieser Zeitperiode war *größtmögliche Ausbeute an Leuchtöl* das Kriterium der Bewertung eines Rohöles oder einer Rohölverarbeitungsmethode und -einrichtung. Alles andere war nebensächlich. Die leichteren Fraktionen (Benzine) wurden in tausenden von Tonnen verbrannt, die Rückstände hörten erst dann auf, ein Ballast zu sein, als man gelernt hatte, sofern sie paraffinfrei waren, sie unter Kesseln zu verheizen, oder, wenn paraffinhaltig, zu entparaffinieren und dann zu verheizen, oder zum Teil auf Schmieröle und Paraffin aufzuarbeiten.

Die erste große Umstellung kam mit dem Benzinmotor. Der Hunger nach Licht wurde in ungeahntem Ausmaße von der in das fernste Gebirgsdorf dringenden Elektrizität weit besser befriedigt, als von der Petroleumlampe, deren Handhabung mit unzähligen Unannehmlichkeiten und Unglücksfällen verbunden war; weit heftiger trat nun *„der Hunger nach Kraft"* auf. Er ist heute noch der alles beherrschende Faktor. Was nur irgend Kraft liefern kann, wird herangezogen. Wasser, Luft, vor allem aber Erdöl. So ist Leuchtpetroleumausbeute heute ziemlich gegenstandslos. Der Wert eines Rohöles hängt davon ab, wieviel Kraftstoff aus ihm hergestellt werden kann. Vom rein chemischen Standpunkte einer wünschenswerten Veredlung hat sich Wesentliches nicht geändert. Ob man Rohölprodukte für Lichtzwecke verbrennt oder für Kraftzwecke, kommt im allgemeinen, soweit es das Verbrauchen anlangt, fast auf eins hinaus, wenngleich natürlich der Nutzeffekt bei der Krafterzeugung sich wesentlich günstiger stellt, als bei Erzeugung von Licht, die wärmetechnisch eine ungeheuerliche Verschwendung bedeutet. Ist daher die Umstellung von Leucht- auf Kraftstoff nur bedingt ein Fortschritt im Sinne der Veredelung, so ist sie es chemisch immerhin doch, weil durch die Notwendigkeit, die Ausbeute an Kraftstoff aus Erdöl immerfort zu steigern, chemische Methoden herangezogen werden mußten, wenn auch durch die einigermaßen barbarischen Methoden der pyrogenen Zersetzung, des Zerbrechens der Moleküle, des Krackens.

Diese Umstellung ist naturgemäß im Lande der größten Kraftstoffverbraucher, in den Ver. Staaten, am durchgehendsten erfolgt, und hat die Technik der Erdölverarbeitung revolutioniert. Nun ist der Chemiker, der bisher neben dem Meister eine oft nicht besonders vorteilhafte Rolle gespielt hat, zu seinem Rechte gekommen. Teilweise liegt dies auch darin, daß mit der überlieferten Sage der Reaktionsunfähigkeit, bzw. Trägheit der Paraffinkohlenwasserstoffe angesichts der Tatsache ihrer Zersplitterungsmöglichkeit in niedrigsiedende Kohlenwasserstoffe gebrochen wurde.

Der Besitz von Kraftquellen bedeutet Macht, und so ist Erdöl heute ein größeres Politicum als selbst Getreide. Man kann ruhig sagen, daß das charakteristischste Gefühl des Mannes von heute das des Überwundenhabens der Entfernungen ist.

Nur ganz wenige Zahlen sollen die außerordentlich große Wichtigkeit des Erdöles als Kraftstoff beleuchten. Nach den offiziellen Zahlen betrug die Weltproduktion im Jahre 1924 141,5 Mill. Tonnen, gleich 1,013 Mill. Faß. 98 Mill. Tonnen entfallen hiervon auf die Ver. Staaten, 21,3 Mill. Tonnen auf Mexiko. Amerika konsumiert etwa 80% des Weltverbrauches. Die in der Erdölindustrie angelegten Investitionen werden mit 9 Milliarden Doll. angegeben. Bekanntlich ist Baumwolle (mit 1,083 Mill. Doll. Wert) der erste Exportartikel der Ver. Staaten. Unmittelbar darauf folgen Erdöl und Derivate mit 418 Mill. Doll.

Nicht nur durch Krackmethoden wurde die Benzinausbeute gesteigert, sondern auch durch fast restlose Gewinnung des in den Naturgasen enthaltenen Gasolins. So kommt es, daß sich die durchschnittliche Benzinausbeute aus Rohöl Anfang 1925 bereits auf fast 35% stellte und die Gesamtbenzinproduktion der Ver. Staaten im Jahre 1924 auf 24,6 Mill. Tonnen.

Dem Kraftbedarf muß auch in erhöhtem Maße das Heizöl genügen. Der vorletztjährige Heizölkonsum in den Ver. Staaten wird mit 382 Mill. Faß angegeben (allein 63,25 seitens der Eisenbahnen, 73 seitens der Handelsflotte, 6,3 der Kriegsflotte).

Hält man dem gegenüber, daß Ende 1924 in den Ver. Staaten 17,7 Mill. Motorfahrzeuge registriert wurden, für welche durchschnittlich ein Benzinverbrauch von 483 Gall. festgestellt wurde, ferner, daß die Ver. Staaten über 84% aller Personenautomobile der Welt und 74% aller Lastautomobile verfügen, so begreift man die nervöse Angst, von wo dem rapid zunehmendem Hunger nach Kraftstoff Genüge geleistet werden soll. Diese Sorge erstreckt sich aber auch auf die anderen Länder. Nicht mehr als 0,45% der gesamten Handelsflotte hatte im Jahre 1914 Dieselmaschinen, 10 Jahre später 3,09%. Damals hatten 2,65% der Schiffe Ölheizung, heute 26,79%. In 10 Jahren hat sich die Welttonnage an Tankschiffen vervierfacht.

Betrachtet man angesichts dieser Zahlen und des jedenfalls beschränkten Vorrates an Erdöl im Erdinnern die Sachlage, so kommt man zur logischen Folgerung, daß die ganze Verwertungstendenz, die darauf hinausläuft, aus dem Erdöl immer mehr Kraftstoff zu gewinnen, so wie man durch Dezennien bestrebt war, immer mehr Leuchtstoff zu gewinnen, verfehlt ist. Daher sind es auch die Fabriksverfahren, insoweit sie *nur* in diese Richtung zielen. Die Suche nach Ersatzstoffen und ganz besonders nach solchen, die sich regenerieren oder durch Anbau kultivieren und regelmäßig ernten lassen, ist daher nicht nur berechtigt, sondern Pflicht. Die Entlastung, welche die Erdölindustrie durch die Kultur und Heranziehung von Ersatzstoffen erfährt, gestattet, ungeheure

Mengen für *wirkliche* Veredlungszwecke freizubekommen.

Dr. WISCHIN und der Verf. haben vor Dezennien bereits diesen Standpunkt verfochten, jedoch mit ihrer Auffassung nur den Spott jener prinzipiell konservativen Elemente geerntet, die jede Möglichkeit einer Entwicklung der Erdölindustrie zu einer wirklich chemischen Industrie als glatte Utopie lächerlich gemacht haben.

Zur Stunde aber ist die Erdöltechnik mitten in dieser zweiten Umstellung, in eben dieser Entwicklung zur Großindustrie chemischer Produkte begriffen. Diese Umstellung erfolgt allerdings nicht so stürmisch, wie die obenerwähnte von Leuchtstoff auf Kraftstoff, aber sie vollzieht sich zielbewußt, denn die amerikanischen Chemiker haben sich nach langer Lethargie des Problems bemächtigt und verfolgen dessen Durchführung mit der ihnen eigentümlichen Zähigkeit und mit dem nur ihnen zu Gebote stehenden Aufwand an Mitteln. Wer die amerikanische Erdölindustrie der letzten 15 Jahre verfolgt, muß die fieberhafte Hast, mit der ein Problem das andere jagt, feststellen, aber auch, daß man sich drüben über die Probleme selbst klar ist. War bisher die Erdöltechnik in ganz ungebührlichem Ausmaße von dem Stande der Maschinentechnik abhängig, so daß der Chemiker sich in der Auswahl des „Futters" jeweils der Maschine anpassen mußte — woraus die Flut der „Lieferungsbedingungen" entsprungen ist — so kommt man heute immer mehr zur Erkenntnis, daß Rechte und Pflichten denn doch gerechter als bisher zwischen Erdöl und Maschine aufgeteilt werden müssen.

Das Glück des Forschungschemikers, vor neuen praktisch wichtigen Problemen zu stehen, ist wohl größer, als das des Betriebsleiters, dessen Betriebsführung wohl noch nie so unruhig war, wie eben jetzt.

Will man sich in dieser Überfülle von Problemen wenigstens einigermaßen zurechtfinden, so muß man sie gruppenweise zusammenfassen, etwa als Gewinnungs-, Fabrikations-, Verlustprobleme, solche der Lagerung und des Transportes, der Veredelung, der Verwendung, Untersuchungsprobleme, Ersatzprobleme, und endlich Probleme allgemeiner Art, die sich auf internationale Regelungen beziehen.

Man sieht schon aus der nackten Anführung dieser Gruppen, wie sehr hier alles fließt. Im nachfolgenden sollen diese Probleme des näheren erörtert werden, doch kann dies selbstverständlich nur ganz andeutungsweise geschehen, da jedes Problem für sich schon den Rahmen eines Aufsatzes wesentlich überschreiten würde.

Gewinnungsprobleme.

Die gegenwärtige Methode besteht bekanntlich im Niederbringen von Rohren, wobei man, wenn man überhaupt den Ölhorizont anfährt, nur 10—20% der im Gestein aufgespeicherten Erdölmengen zutage fördert. Von den Zufälligkeiten, die mit eine wichtige Rolle spielen und von denen abhängt, ob man fündig wird oder nicht, etwa richtige Wahl des Bohrpunktes, Beschaffenheit der durchbohrten Schichten, Wassereinbrüche usw. sei hier ganz abgesehen. Auch ohne diese Zufälligkeiten ist jede Bohrung mit einem großen Risiko und einem hohen Unsicherheitsfaktor verbunden. Ganz bedeutende Schulung des Personals, unendliche Geduld und unter Umständen jahrelange Arbeit sind erforderlich, insbesondere, wenn es sich, wie beispielsweise in Polen, um bedeutende Tiefen (bis fast 2 km) und schwierige Terrainverhältnisse handelt. Das Bestreben der Techniker geht demzufolge einerseits dahin, die Bohrmethoden zu verbessern, Schnellbohrsysteme einzuführen, andererseits dahin, mit dem Bohrsystem gänzlich zu brechen und zu der ursprünglichen, bergmännischen Gewinnung durch Schacht- und Stollenbetrieb, aber selbstverständlich mit den wesentlich verbesserten Hilfsmitteln der modernen Technik zurückzukehren. Solche Versuche sind von SCHNEIDERS und CHAMBRIER zuerst in Pechelbronn mit Erfolg begonnen worden und finden nunmehr verschiedenenorts Nachahmer. Die Ölausbeute ist bei dieser Arbeitsmethode eine wesentlich höhere. Wo ölhaltige Sande oder leicht extrahierbare Materialien zutage gefördert werden, ist die Ausbeute ein Vielfaches der durch die Rohrmethoden erzielten. Das große Gefahrenmoment ist aber hier nicht zu unterschätzen.

Eine noch zu erwähnende Verbesserung bezieht sich, worauf nur kurz hingewiesen sei, auf Wiederinbetriebsetzung verlassener Sonden, bezw. solcher, die nur in relativ bescheidene Tiefen niedergestoßen worden sind, weil die seinerzeitigen technischen Hifsmittel es noch nicht ermöglichten, tiefer zu gehen, oder größere Rohrdurchmesser zu wählen, oder aber solcher Sonden, welche verunglückt sind und sich wieder instand setzen lassen.

Bevor also das Erdöl überhaupt den Weg in die Fabrik nimmt, tauchen schon zahllose Probleme auf, von deren Lösung die Gestehungskosten des Erdöls abhängen.

Das zumeist nicht rein, sondern mit Gas, Sand und Begleitwasser verunreinigte Erdöl bedarf einer Vorreinigung, die sich besonders dann schwierig gestaltet, wenn das Gemisch einen emulsionsartigen Charakter hat. Eine rohe Scheidung von Gas und Öl, bzw. Öl und Gestein genügt nicht, weil das Gas Ölteile mit sich reißt, das Öl Gase absorbiert hält, die beim Lagern verdunsten, und weil die anorganischen Bestandteile den Destillationsprozeß stören und die Apparatur schädigen. Unter Umständen vermögen auch die besten Methoden nicht, die Öle auf billige Weise zu entwässern. Im großen Maßstabe wird z. B. die elektrische Entwässerung in Kalifornien verwendet, hat aber aus noch unaufgeklärten Gründen bei anderen Ölen versagt. Es gilt hier eine ganze Reihe kolloid-chemischer Probleme auf rationellem Wege und von Fall zu Fall anders zu lösen. Auf

die Störungen durch Verstopfen der Rohre durch Röhrenwachs sei hier nur hingewiesen.

Die Begleitwässer werden bisher im großen und ganzen verloren gegeben, obwohl eine Fülle von Problemen gerade hier vorliegt, auch wenn man die Aufbereitung der Begleitwässer nicht im Hinblick auf die Hygiene der Flußläufe, bzw. der Kulturen vorzunehmen beabsichtigt, sondern behufs Gewinnung der in den Begleitwässern vorhandenen Stoffe. Neuerdings hat man beispielsweise im Baku-Distrikt einen beträchtlichen Jodgehalt der Begleitwässer festgestellt und rechnet aus, daß allein jährlich dort 200 Tonnen Jod ins Meer gelangen.

Fabrikationsprobleme.

Der Verarbeitungsvorgang ist seit Dezennien im Wesen der gleiche geblieben; Zerlegung des komplizierten Kohlenwasserstoffgemisches im Wege der Wärmezufuhr, durch *Destillation* in einzelne „Fraktionen" und eventuelle Reinigung, *Raffination* einzelner Fraktionen auf chemischem Wege durch Reagenzien aller Art. Unter Umständen kann die Raffination der Destillation auch schon beim Rohöl selbst vorangehen oder in die Destillationsphasen eingeschoben werden; in der Regel geht aber die Destillation der Raffination voran. Die Destillation ist entweder konservierend, so gut sie es vermag, trachtet also die Körper, wie sie im Rohöl sind, unverändert herauszuholen und bloß zu gruppieren, oder destruktiv, zersetzend, indem sie die großen Molekülkomplexe aufspaltet, oder aber es werden, und dies ist heute die Regel, mit einem Rohöl beide Destillationsmethoden vorgenommen, die leichter entfernbaren Teile werden erst entfernt, gewisse Anteile dann zersetzt, „gekrackt".

Welcher Weg im Einzelfalle einzuschlagen ist, richtet sich weniger nach rein chemischen Beweggründen, sondern ist hauptsächlich von wirtschaftlichen Momenten, vom Bedarf an gewissen Endprodukten, heute vor allem für Kraftstofferzeugung, abhängig. Darin liegt der überaus labile Charakter der Erdölverarbeitung und für den Bau einer Raffinerie das überaus schwierige Problem, eine Anlage zu schaffen, die alle Mittel enthält, um rasch wechselnden Konjunkturverhältnissen reibungslos Folge leisten zu können und doch das Maß der nötigen Investitionen, angesichts der erdrückend großen Konkurrenz, auf ein Minimum zu beschränken. Diese Forderung nach weitgehendster Anpassungsfähigkeit unterscheidet die Erdölraffinierindustrie von allen anderen chemischen Großindustrien.

Was man heute nun mit Gruppenbezeichnungen: Benzin, Leuchtöl, Schmieröl, Paraffin, Vaselin, Asphalt, Pech, Gudron, Koks usw. versieht, hat nur bestimmte, bzw. in gewissen Grenzen vorgeschriebene Gruppeneigenschaften und ist in keinem Falle ein einheitlicher Körper. Die gesamte Technik der Erdölverarbeitung dreht sich heute um Gruppenkombinationen und Verschiebungen aller Art. Auf die unzähligen, wärmetechnischen, kolloidchemischen und rein chemischen Probleme, die hierbei auftauchen, verbietet der Raum, näher einzugehen. Nur auf das Krackproblem sei hier kurz eingegangen. Unzählige Köpfe bemühen sich, Aufklärung über den Vorgang der pyrogenen Zersetzung der Kohlenwasserstoffe zu gewinnen, um daraus den richtigen und ökonomischen Weg für die Großbetriebsarbeit abzuleiten, und ebensoviel Ingenieure sind bestrebt, die Apparaturen zu konstruieren, die den hohen Anforderungen in bezug auf Temperatur und Druck standzuhalten vermögen, so daß bei möglichst großer Ausbeute an Benzin von möglichst guter Qualität die Apparatur gefahrensicher und unter möglichst geringem Brennmaterialaufwand die denkbar höchste Leistungsfähigkeit erreicht. In jüngster Zeit ist hier, was die chemische Seite des Problemes anlangt, ein außerordentlich wichtiger Tendenzumschwung zu verzeichnen, insbesondere was die Verwertung der teils in den Gasen, teils in den flüssigen Körpern, die beim Krackprozeß entstehen, vorhandenen ungesättigten Kohlenwasserstoffe anlangt. Diese letzteren wurden plötzlich als höchst wünschenswerte und reaktionsfähige Ausgangsmaterialien für die verschiedensten chemischen Individuen erkannt, während sie solange als „schädliche Bestandteile oder Abfall" die Rolle des unerwünschten Nebenproduktes spielen mußten.

Die Raffinationsprobleme sind ebenfalls in den letzten Jahren ganz anderen Auffassungen als bis dahin begegnet. Auch hier war das Steckenpferd immer wieder: für gewisse Zwecke, z. B. Leuchtpetroleumerzeugung, immer unter Berücksichtigung bestimmter Apparaturen, z. B. Lampen, als „schädlich" geltende Bestandteile zu entfernen: z. B. durch Schwefelsäureraffination als Säureharze, oder durch Laugenbehandlung als Naphthensäureseifen, oder aber, wie bei der Schmieröl-raffination unter Aufopferung wertvoller Bestandteile, um gewissen äußeren Anforderungen, z. B. auf Farbe und Durchsichtigkeit, zu entsprechen. Gerade hier spielt das Problem der schonenden Zerlegung eine bedeutende Rolle. Es sei daher nur der Gegenüberstellung wegen, der chemischen sog. Reinigungsmethode mit Schwefelsäure der physikalischen Trennungsmethode mit flüssiger schwefliger Säure Erwähnung getan. Wie denn überhaupt die minder oder fast nicht zerstörenden physikalischen Methoden immer mehr in der Erdöltechnik Eingang finden. Hierher gehören in erster Linie die in den verschiedensten Formen heute bereits im Großbetriebe geübten Adsorptionsmethoden mit Hilfe fester Adsorptionsmittel: Fullererde, Silikagel, Bentonit, Bauxit, aktiver Kohle, zum Zwecke der Entfärbung, Desodorisierung, auch Entschweflung, obwohl für diese noch immer die chemischen Methoden obenan stehen. Diese physikalischen Methoden spielen in der Zylinderöl-, Paraffin- und Vaselinfabrikation seit langem eine bedeutende Rolle. Auch die Abscheidung des

Gasolins aus Naturgas ist ein Problem, welches zahlreiche Wandlungen durchgemacht hat. Man kann aber sagen, daß hier die Erdöltechnik relativ am weitesten vorgeschritten ist, und auch die Reindarstellung der Kohlenwasserstoffe, deren hier nicht allzuviele sind, bereits im Bereich der technischen Durchführbarkeit liegt, so daß sie als Ausgangsmaterialien für chemische Veredelung dienen können.

Verlustprobleme.

Die Vermeidung der *Vergasungsverluste* während der Lagerung und des Transportes innerhalb der Gruben, von den Gruben zur Fabrik und während der Fabrikation, ist hauptsächlich ein apparatives Problem, während die Herabdrückung der *Verarbeitungsverluste* ein mehr chemisches Problem vorstellt, da es sich darum handelt, so wenig als möglich Abfallprodukte zu erzeugen und, soweit dies unvermeidlich ist, dieselben in solcher Form auszuscheiden, daß ihre Wiederverwendung möglich ist. Die Destillation gibt „rote Schmieren", Abgase, pech- und asphaltartige Rückstände, Öl-Wasseremulsionen (Bodensätze), die Raffination die beiden Hauptsorgenkinder des Betriebes, Säureharze und Abfallaugen, die beide unter Umständen eine rationelle Betriebsführung in Frage stellen. Das Problem der Säureharzaufarbeitung ist heute von ganz wenigen Ausnahmen, wo besonders günstige Zustände vorwalten, abgesehen, noch ungelöst. Von der Verwertung der Laugenabfälle zur Naphthensäurenherstellung war insbesondere während des Krieges allüberall die Rede, aber auch hier sind namhafte Fortschritte und eine befriedigende Lösung noch nicht zu verzeichnen, und im Zusammenhange damit steht die Herabminderung der durch die chemische Raffination unvermeidlichen hohen Materialverluste. Man geht daher, wie schon angedeutet, immer mehr zu Methoden über, welche die Verlustziffer wesentlich herabdrücken, und auf die Kohlenwasserstoffe nicht so radikal wie die chemischen Methoden einwirken. Hierher gehören, wie schon angedeutet, die Methoden der Verwendung fester Adsorptionsmittel: Misch- und Filtrationsmethoden.

Lagerungs- und Transportprobleme.

Zum Teil fällt dieses Problem mit dem Verlustproblem zusammen, soweit es sich um Vermeidung der Verluste durch Verdunstung handelt, zum Teil mit der Abscheidung mitgerissener Sand- und Wassermengen und sog. Bodensätze, die bei Ölen asphaltisch-paraffinigen Charakters besonders häufig auftreten und zum Verlegen der Rohrleitungen im Falle ungenügender Abscheidung führen. Man hilft sich hier neuerdings teilweise auch mit Heizmethoden, kombiniert mit Zentrifugenmethoden, doch gibt es Öle, die außerordentlich schwer zu behandeln sind.

Veredelungsprobleme.

Hier sind wir im eigentlichen chemischen Fahrwasser. Die Methoden durch Oxydation, Halogenisierung, Hydrierung, Sulfurierung, Nitrierung, sowie durch Kombination dieser und pyrogener Methoden zu neuen Körpern, evtl. einheitlichen Verbindungen zu gelangen, datieren in ihren Anfängen weit zurück. Der allergrößte Teil des hierüber in der umfangreichen Literatur Niedergelegten ist niemals über das Laboratorium hinaus gelangt, aber gerade hier hat sich, und besonders in den Ver. Staaten, ein ganz bedeutender Umschwung vollzogen, und gerade hier sind unzählige Bemühungen am Werke, die in relativ kurzer Zeit bereits zu Großbetriebsausführungen gediehen sind.

Eine Zeitlang war das Problem der *Verseifung* der Erdölkohlenwasserstoffe bzw. der *Herstellung von Alkohol* jenes, das alle Köpfe beschäftigte. Es ist dann während des Krieges neuerdings aufgetaucht, hat eine umfangreiche Patentliteratur gezeitigt, und zwar geht der Weg der Versuche entweder dahin, die Oxydation direkt durchzuführen, oder auf dem Umwege der Chlorierung, neuerdings der Sulfonierung, und gerade dieser letzte Weg ist jener, der praktische Erfolge aufzuweisen hat, die Herstellung beispielsweise von Isopropylalkohol ist Gegenstand des Betriebes bereits einiger amerikanischer Fabriken.

Chlorierte Erdölprodukte haben seit langer Zeit bedeutenden Wert, es sei nur an Äthylchlorid für Kälteerzeugung oder als Anästheticum, an Chloroform oder an Tetrachlorkohlenstoff erinnert. Die Hydrierung von Kohle und flüssigen Kohlenwasserstoffen braucht hier um so weniger hinsichtlich ihrer Tragweite erwähnt zu werden, als ja eben jetzt das BERGIUS-Verfahren, allerdings zum Teil in recht unsachgemäßer Weise, Gegenstand zahlreicher Ausführungen in der Tagespresse ist. Neben dem BERGIUS-Verfahren sind es noch andere, welche auf anderem Wege die Hydrierung der Kohlenwasserstoffe durchzuführen bemüht sind; die Schwierigkeiten gerade auf diesem Gebiete sind hier weit größer als auf dem der Fetthärtung. Die Sulfurierung führt bei gewissen Ölen zu technisch wertvollen Körpern. Bis jetzt sind für die sog. Ichthyole allerdings nur besondere Schieferöle das Ausgangsmaterial, aber, wie schon erwähnt, gelangt man im Wege der Sulfurierungsprodukte zu Alkoholen usw.

Während des Krieges hat die Nitrierung eine hervorragende Rolle gespielt und war sowohl in Deutschland, wie in den Siegerstaaten Gegenstand fabrikatorischer Durchführung. Hier handelte es sich obenan um die Herstellung von Trinitrotoluol, wozu gewisse, an aromatischen Körpern reiche Erdöle bzw. Erdölfraktionen, hervorragend geeignet sind.

Von diversen Verfahren, die kurz erwähnt sein mögen, steht das der Kautschukgewinnung im Wege der Isoprendarstellung obenan. Das Problem, in hoher Ausbeute durch pyrogene Zersetzung bei hoher Temperatur aromatische Kohlenwasserstoffe zu erhalten, war schon vor Dezennien, insbesondere von russischen Forschern, aufgenom-

men worden und hat während des Krieges in Amerika eine große Rolle gespielt, als man für das RITTMANN-Verfahren große Mittel bereitstellte; dieses hat aber die Erwartungen nicht erfüllt. Den Hinweis auf die Möglichkeit der Herstellung synthetischer Riechstoffe aus Erdöl- macht bereits WISCHIN, und ich selbst habe mich nach dieser Richtung vor rund 30 Jahren bemüht, damals ohne greifbaren Erfolg.

Diese kurzen Andeutungen mögen genügen, um auf den nicht zu verkennenden Tendenzumschwung der Erdölverarbeitung hinzuweisen, so sehr auch zugestanden werden muß, daß es sich erst in den Anfängen befindet. Im Maße — und dies sei hier wiederholt — Ersatzstoffe für Kraft- und Wärmelieferung Erdöl für andere Zwecke frei machen, wird sich auch die chemische Erdölverarbeitung auf breitere Basis stellen können.

Verwendungsprobleme.

Aus der Legion dieser Probleme seien hier nur angedeutet das des „Löslichmachens", richtiger „Emulgierens", der Steigerung der Wirtschaftlichkeit, da, wo Erdöle zur Energieerzeugung dienen, denn der Nutzeffekt ist auch bei den besten Einrichtungen heute ganz unbefriedigend, das große Problem der Schmierung an sich, der Ökonomisierung des Vorganges und der Verbesserung der vorhandenen Einrichtungen, das neuerdings so viel behandelte Problem des Klopfens der Motoren und der zur Vermeidung dieses Übelstandes dienenden Antidetonationsmittel. Das Problem der Transformatoren- und Schalteröle, der gummibildenden Bestandteile im Gasolin, der Kohlenstoffabscheidungen in den Motoren, der Verwertung der Auspuffgase und unzählige andere.

Untersuchungsprobleme.

Die rein wissenschaftlichen Methoden kommen hier nicht in Frage, wohl aber das Problem der *einheitlichen* Untersuchungsmethoden, ein Doppelproblem, denn es handelt sich einerseits um die Methoden an sich, andererseits um die Beziehung gleichen Zwecken dienender Methoden auf einander und die Schaffung einer einheitlichen Bewertungsmethode, gewissermaßen einer Umrechnungsstelle, eines internationalen Eichamtes. Die durch Jahre hindurch fortgesetzten Bemühungen der internationalen Petroleumkommission sind durch den Krieg zum Stillstand gekommen. Nationale Komitees haben für die einzelnen Länder einheitliche Methoden aufzustellen und vorzuschreiben versucht. Auch Umrechnungstabellen aller Art, z. B. für Viscositätsbestimmungen und Umrechnungsformeln, existieren. Es ist aber erforderlich, wenn die Resultate allgemein gültigen und unanfechtbaren Wert haben sollen, ein international anerkanntes, absolutes Maß zu verwenden. Davon ist man heute noch weit entfernt, und damit hängen zum Teil die Schwierigkeiten der sachgemäßen Aufstellung von internationalen Lieferungsbedingungen, sowie auch die der sachgemäßen Lieferung auf Grund solcher Bedingungen zusammen. Es sind sehr oft nicht wesentlich technische, sondern nebensächliche wirtschaftliche oder maschinentechnische Ursachen, denen bestimmte Lieferungsbedingungen entsprechen müssen, zum Teil liegt die Ursache auch in Konkurrenzmanövern.

Die Untersuchungsprobleme beschäftigen gerade hier auch den Ingenieur in hervorragendem Maße; ihm fehlen einwandfreie Unterlagen in zahlreichen Fällen, insbesondere für Dimensionierung der Apparate. Er rechnet mit angenommenen Größen für spezifische und latente Verdampfungswärmen, für Wärmetransmission von Öl zu Wasserdampf, Metall und hilft sich mit reichlicher Überdimensionierung, wofür der Fabrikant bedeutende Mehrsummen auslegen muß.

Wie sehr die Frage des Klopfens der Motoren, der Kohlenstoffausscheidung oder der Explosionen in Kompressoren ebenso ein maschinentechnisches als chemisches Problem ist, weiß jeder Fachmann; allerdings ist der Maschinenfabrikant stets gewöhnt, alle Schuld im Falle von Übelständen auf das Konto des Chemikers zu schreiben.

Ersatzprobleme.

Zu dem hierüber einleitend und an verschiedenen Stellen bereits Gesagten sei nur hinzugefügt, daß heute das Problem der Schieferölerzeugung und -verarbeitung obenan steht. Daneben laufen die Probleme der Heranziehung vegetabilischer und animalischer Öle, die Probleme aus relativ billigen und jederzeit in ausreichendem Maße zur Verfügung stehenden Ausgangsmaterialien (z. B. Kohle und Wasser) synthetisch Ersatzstoffe herzustellen. Es sei hier nur an die Bemühungen von FISCHER und der Badischen Anilin- und Sodafabrik erinnert. Auch das Thema der Ersatzschmieröle ist ständig auf der Tagesordnung, und es hat während des Krieges bei den Mittelmächten jahrelang den Arbeitsprozeß fast ganz beherrscht.

Allgemeine Probleme.

Man kann hierüber alle Fragen der Vereinheitlichung der Vorschriften in bezug auf internationalen Transport und internationale Lagerung und im Hinblick auf Sicherheit einordnen, dazu kommen die Handelsusancen, die Vorschriften für die Verwendung von Ölen im Haushalte, da in den Ver. Staaten in den letzten Jahren die Ölheizung im Haushalte dank der unermüdlichen Propaganda daselbst außerordentlich zugenommen hat u. a. m. Die kolossale Entwicklung des Luftzeugverkehres schiebt eben jetzt derartige einheitliche Regelungen unerbittlich in den Vordergrund. Gleichartige Benzinsorten, gleichwertige Schmieröle werden für die einzelnen Luftfahrtstrecken, die durch die verschiedensten Gebiete führen, erforderlich, und internationale Übereinkommen nach dieser Richtung, technische Schiedsgerichte in Streitfällen, sind unvermeidlich.

Überblickt man das Gesagte, so zeigt sich, daß,

vom chemischen Standpunkte aus betrachtet, die Erdölindustrie, trotzdem sie bald ihr 70jähr. Jubiläum feiert, doch eine noch junge Industrie ist, eine Industrie, die im Gegensatz zu anderen, chemisch weit durchgearbeiteten Industrien dem wissenschaftlichen und technischen Chemiker eine Fülle von ungelösten Fragen stellt, deren Beantwortung der Natur der Sache nach unendlich schwieriger ist, als selbst in der ja so oft als Vorbild ungeahnter chemischer Entwicklung vergleichsweise gegenübergestellten Steinkohlenteerindustrie.

Zur Zeit ist der Umschwung nicht zu verkennen, es gibt kein Hilfsmittel der wissenschaftlichen und technischen Physik und Chemie: Elektrizität und ultraviolette Strahlen, Kolloidchemie, ja selbst Bakterienkunde werden herangezogen. Die rege Tätigkeit, die hier herrscht, kennzeichnet sich wohl am besten durch die ungeheuer angeschwollene Literatur der letzten 15 Jahre und die großen Aufwendungen, die gemacht werden, Laboratoriumserkenntnisse auch raschestens großbetriebstechnisch zu verwerten.

Besprechungen.

PAYNE, C. H., **Stellar Atmospheres, a Contribution to the Observational Study of High Temperature in the Reversing Layers of Stars.** Cambridge, Mass.: Harvard Observatory 1925. 215 S. Preis $2^1/_2$ Dollar.

H. SHAPLEY, Direktor des Harvard College Observatory, kündigt in dem Vorwort zu dem vorliegenden Buch als neuen Weg, auf dem größere zusammenhängende Forschungsergebnisse des Harvard Observatoriums der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden sollen, die Herausgabe von einzelnen Monographien an. Zum Bedauern des Herausgebers können diese Monographien nicht, wie die Annals, Circulars und anderen Veröffentlichungen des Harvard Observatoriums an andere wissenschaftliche Institute kostenlos abgegeben werden, ein Teil der Kosten soll jedoch durch besondere Mittel gedeckt werden, so daß der Verkauf unter Selbstkostenpreis stattfinden kann.

Den ersten Band dieser Monographien bildet Miss PAYNES Studie über Sternatmosphären. Das Buch dürfte für jeden, der sich mit Sternspektren beschäftigt, unentbehrlich sein, erstens der Fülle neuen Materials wegen, das hier zum ersten Male mitgeteilt wird, und zweitens als allgemeines Nachschlagewerk. Der Umstand, daß das behandelte Gebiet ganz neu, stark im Fluß und in wesentlichen Punkten noch vollkommen ungeklärt ist, verleiht dem Buch ein eigenartiges Gepräge. Es ist wie der Blick in die Werkstatt eines Forschers, eines außerordentlich rührigen Forschers, mit dessen Denkweise und Methoden der Leser eng in Fühlung kommt, wozu die bündige, klare und sehr übersichtlich unterteilte Darstellung viel beiträgt.

Das Buch ist in 3 Teile gegliedert, von denen der erste gewissermaßen eine Einleitung bildet, indem er noch nicht auf das eigentliche Thema der Ionisation eingeht, sondern alles das, was ohne Ionisationstheorie über Sternspektra auszusagen ist, zusammenfaßt. Ein kurzes einleitendes Kapitel führt in die physikalischen Grundbegriffe der Atomtheorie ein; als neu und interessant sei hierbei erwähnt, daß in eine Tabelle der Ionisationspotentiale der Elemente neben den rein physikalisch (durch Anlegen elektrischer Spannung) und spektroskopisch (aus der Termdarstellung von Linien) gewonnenen Werten auch eine größere Anzahl von Werten eingesetzt werden konnte, die astrophysikalisch durch das Auftreten von Linien in bestimmten Sterntypen geschätzt wurden. Sodann wird die aus spektralphotometrischen Messungen abgeleitete Temperaturskala der Sterne behandelt, wobei heute die Hauptschwierigkeit darin liegen dürfte, daß jedem Spektraltyp nicht eindeutig eine Temperatur zugeordnet ist, sondern daß Riesen- und Zwergsterne desselben Typus verschiedene spektralphotometrische Temperatur zeigen. Das nächste Kapitel bringt eine Zusammenfassung über die für das folgende besonders wichtige Frage nach dem Druck in den Sternatmosphären, wobei 7 Möglichkeiten aufgezählt werden, die allerdings meist nur sehr roh und hypothetisch eine Schätzung des Druckes zulassen: Druckverschiebung von Spektrallinien, Schärfe der Linien, Weite der Linien, Flash-Spektrum, Gleichgewichtstheorie der äußeren Schichten der Sonne, beobachtete Grenze der Balmer-Linien, Ionisationserscheinungen. So unsicher diese Schätzungen im einzelnen sind, kann es doch keinem Zweifel mehr unterliegen, daß wir höchstens mit einem Druck von 10^{-4} Atmosphären in *den* Schichten der Sternatmosphären zu rechnen haben, in denen die Absorptionslinien entstehen. Den Schluß des ersten Teiles des Buches bildet eine nützliche, nach Elementen geordnete Zusammenstellung des Vorkommens und astrophysikalischen Verhaltens der wichtigsten Sternlinien, deren Ursprung und Serienzuordnung bekannt sind.

Der zweite Teil des Buches ist der wichtigste, er bringt die physikalische Deutung der Linien in Sternspektren nach der Ionisationstheorie. Man muß hier zunächst noch, da wir noch ganz im Pionierstadium stecken, einfache Vorstellungen zugrunde legen: eine strahlende Oberfläche, die das kontinuierliche Spektrum liefert, darüber eine dünne absorbierende Schicht, in der die Absorptionslinien bei einem Druck von weniger als 10^{-4} Atmosphären entstehen. Wenn man nun verschiedene Temperaturen der absorbierenden Schicht annimmt, entsprechend den spektralphotometrischen Sterntemperaturen, so findet man eine qualitative Bestätigung der Voraussagen, die nach der Ionisationstheorie gemacht werden können. Die bei niedrigsten Temperaturen stark auftretenden Linien der neutralen Atome werden mit wachsender Temperatur schwächer, wenn die Ionisation einsetzt. Von den Linien der ionisierten Elemente beginnen nun mit steigender Temperatur zuerst *die* Linien zu erscheinen, die von den niedrigsten Energieniveaus ausgehen; bei weiterem Fortschreiten zu höherer Temperatur werden diese Linien wieder schwächer, während die von den höheren Niveaus ausgehenden Linien verstärkt erscheinen. So scheint qualitativ das Prinzip der Ionisationstemperaturen, das ursprünglich von EGGERT begründet und dann von SAHA, RUSSELL u. a. auf Sternatmosphären angewandt wurde, im allgemeinen durch die Sternspektra bestätigt zu sein. Zu einer eingehenden quantitativen Prüfung aber ist vor allem eine Kenntnis der Linienintensitäten in Sternspektren erforderlich, und hierzu bringt Miß PAYNE umfangreiches eigenes Beobachtungsmaterial. In einer Tabelle sind, übersichtlich nach ihrer Serienzuordnung geordnet, die wichtigsten in Sternspektren vorkommenden Linien zusammengestellt und ihre Intensitäten für die verschiedenen Spektralklassen mitgeteilt auf Grund von Schätzungen, die durch Vergleich mit einer Normal-

skala ausgeführt wurden. Diese beobachteten Linienintensitäten sind mit der von FOWLER und MILNE entwickelten Theorie der Ionisationstemperaturen in Sternatmosphären zu vergleichen. Man berechnet, wann das Maximum einer bestimmten Linie auftreten muß, das im wesentlichen von den 2 Parametern Druck und Temperatur abhängt. Bei angenommenem Druck (10^{-4} Atmosphären) wird die Temperatur des Maximums verglichen mit der spektralphotometrisch bestimmten Sterntemperatur *der* Spektralklasse, bei welcher die betreffende Linie ihr Maximum hat. Schon FOWLER und MILNE erkannten bei solchen Vergleichungen, daß große Unstimmigkeiten vorhanden waren, indem die Hauptserien und die Nebenserien einiger ionisierter Elemente grundverschiedene Werte lieferten, daß also mit diesen einfachsten Voraussetzungen nicht auszukommen war. Sie verließen deshalb die einfache Annahme konstanten Druckes, d. h. die Annahme, daß alle Linien in derselben Höhenschicht entstehen, und führten versuchsweise die Hypothese ein, daß der Druck (genauer der Partialdruck der freien Elektronen), an der Stelle der Sternatmosphäre, wo die Linie entsteht, umgekehrt proportional der maximalen Häufigkeit der Atome in dem für die betreffende Linie erforderlichen angeregten Zustand sei. Die Wahrscheinlichkeit dieser Hypothese erscheint anschaulich in der Überlegung, daß, je größer die Häufigkeit der geeigneten absorbierenden Atome ist, wir um so weniger tief in der betreffenden Wellenlänge in den Stern hineinsehen können, daß also der Druck der Schicht, in welcher die Linie entsteht, um so geringer ist. Diese Hypothese wird von Miß PAYNE einer erweiterten Kritik unterzogen und für die Spektralklassen, für welche zuverlässige spektralphotometrische Temperaturen vorliegen, bestätigt gefunden. Nach dieser Bestätigung kann hinwiederum diese Beziehung dazu dienen, um für die heißesten Sterne, für welche spektralphotometrische Temperaturen noch nicht glaubwürdig bekannt sind, die Temperaturen festzulegen.

Der dritte Teil des Buches beschäftigt sich mit einigen speziellen Problemen. Ein kurzes Kapitel ist zunächst der astrophysikalischen Auswertung von physikalischen Konstanten gewidmet; wobei die Bestimmung der Rydberg-Konstante aus dem Heliumspektrum durch Plaskett, die schon oben erwähnte Bestimmung kritischer Potentiale durch Miß PAYNE selbst, und MILNES Untersuchungen über die Verweildauer von Atomzuständen geschildert werden. Von Spezialproblemen, die der Rätsel noch voll sind, werden die Sterne vom O-Typus, die Sterne der A-Klasse und die Sterne mit c-Charakter (d. h. mit besonders scharfen Linien) besprochen. Schließlich wird die Frage nach der relativen Menge der einzelnen Elemente in den Sternatmosphären behandelt, wobei als Beobachtungsgrundlage das beginnende Auftreten und Verschwinden der Linien in der Reihe der Spektralklassen dient. Die von Miß PAYNE abgeleiteten relativen Mengen bestätigen die schon von RUSSELL und PLASKETT diskutierte Erscheinung, daß die Zusammensetzung der Sternatmosphären im wesentlichen dem Mengenverhältnis der einzelnen Elemente in unserer Erdkruste zu entsprechen scheint.

Das Erscheinen des ausgezeichneten Buches von Miß PAYNE bedeutet einen entscheidenden Punkt in der Geschichte des Problemes der Sternatmosphären. Zum erstenmal ist ein vollständiger Überblick über den gesamten Stand des Problemes gegeben, und das astrophysikalische Beobachtungsmaterial zusammenhängend mit den Forderungen der jungen Ionisationstheorie verglichen. A. KOHLSCHÜTTER, Berlin-Potsdam.

Probleme der Astronomie. Festschrift für HUGO v. SEELIGER, dem Forscher und Lehrer zum fünfundsiebzigsten Geburtstage. Unter Redaktion von H. KIENLE. Berlin: Julius Springer 1924. IV, 475 S., 58 Abb., 3 Tafeln und 1 Titelbild. Preis 45 Goldmark.

Für einen Gelehrten kann es wohl kaum eine schönere Ehrung geben als die Anerkennung seiner Fachgenossen und Liebe und Verehrung von seiten früherer Schüler. Daß Prof. H. v. SEELIGER während seiner zweiundvierzigjährigen Tätigkeit als Direktor der Sternwarte und Professor der Universität München sich diese in hohem Maße erworben hatte, davon legt die Festschrift Zeugnis ab, die ihm anläßlich der Feier seines fünfundsiebzigsten Geburtstages überreicht wurde. Leider überlebte der Jubilar diese Feier nur um wenige Monate und so steht denn die Festschrift da, gewissermaßen als ein Denkstein seines langen erfolgreichen Wirkens als Forscher und Lehrer.

Unter der Redaktion von H. KIENLE, Göttingen, ist diese ungewöhnlich reichhaltige Sammlung von 36 Originalmitteilungen zu einem stattlichen Bande von 475 Seiten angewachsen. Mit Rücksicht auf die Vielseitigkeit der behandelten Gegenstände ist der Titel „Probleme der Astronomie" sicherlich passend gewählt, und der Verlag von Julius Springer hat an schöner Ausstattung und vortrefflicher Illustration nichts fehlen lassen. Zu schade nur, daß der hohe Preis es nicht jedem Astronomen möglich macht, ein persönliches Exemplar zu besitzen.

Es ist bezeichnend für die Anerkennung, die SEELIGER weit über die Grenzen seiner Heimat hinaus genoß, daß von den 36 Mitarbeitern mehr als ein Drittel dem Auslande angehören und 8 verschiedene Staaten vertreten. Der internationale Charakter des Buches wird ferner dadurch hervorgehoben, daß fast alle Artikel in der Originalsprache wiedergegeben sind, ein Verfahren, das in wissenschaftlichen Werken nur zu befürworten ist.

Ihrer Natur gemäß besteht die Festschrift aus einer etwas heterogenen Sammlung unzusammenhängender Beiträge, die nicht nur in den gewählten Gegenständen, sondern auch in der Art der Darstellung große Mannigfaltigkeit zeigen. In manchen Fällen ist die Behandlung streng technisch, in anderen mehr übersichtlich zusammenfassend wie in einem Lehrbuch, oder gemeinverständlich unter Weglassung technischer Einzelheiten, wie z. B. in dem interessanten Vortrage von JEANS, in dem seine Ideen über die Kosmogonie geschildert werden. Gerade darin unterscheidet sich ja die Festschrift von einer wissenschaftlichen Fachzeitschrift, daß sie nicht lediglich Originalmitteilungen neuer Forschungsarbeiten enthält, sondern auch Raum gibt für Abhandlungen, die einen mehr persönlichen Stempel tragen, sei es daß sie eine einheitlich kritische Übersicht eines Problems bezwecken oder Resultate und Erfahrungen langjähriger Arbeiten des Verf. auf seinem Spezialgebiete zusammenfassend berichten. Dieser Umstand verleiht unserem Werke einen besonderen Charakter, und, trotzdem es in erster Linie für den Fachastronomen bestimmt ist, so dürfte doch auch der fortgeschrittene Liebhaberastronom darin vieles finden, was für ihn verständlich und von Interesse ist.

Es ist nicht möglich, hier all die vielen Einzelbeiträge erschöpfend zu besprechen, da sie fast jeden Zweig der Astronomie berühren. Es sollen nur einige wenige der Gegenstände hervorgehoben werden, die augenblicklich im Vordergrunde astronomischen Interesses stehen.

Die Himmelsmechanik gehört zwar zu den älteren

Gebieten der Astronomie, doch liefern die verschiedenen Bewegungsformen des Dreikörperproblems noch immer eine reiche Quelle für neue Untersuchungen. Die Entdeckung der zahlreichen kleinen Planeten hat die Aufmerksamkeit besonders auf das spezielle Asteroidenproblem gelenkt, mit dem sich die Arbeiten von WILKENS und STRÖMGREN beschäftigen, während BRENDEL die praktische numerische Berechnung gestörter Asteroidenbahnen und die Organisation dieser umfangreichen Aufgabe bespricht.

Das Hauptproblem der Astrophysik, das Studium des physischen Zustandes der Sterne, hat in neuerer Zeit auch von der theoretischen Seite her wertvolle Beiträge erhalten. Da sind an erster Stelle die Arbeiten über den inneren Aufbau der Sterne zu erwähnen, von denen EDDINGTON in der Festschrift eine treffliche Übersicht gibt, indem er den Gedankengang schildert, der zu so interessanten Resultaten geführt hat. Die Bedingung des Strahlungsgleichgewichtes spielt hierin eine wichtige Rolle und wird auch in den Artikeln H. v. ZEIPELS und R. EMDENS behandelt.

Unsere Kenntnis von Sterndurchmessern muß sich zur Zeit noch zum größten Teile auf hypothetische Resultate stützen. K. F. BOTTLINGER leitet solche ab für Bedeckungsveränderliche einerseits und für Sterne mit bekanntem Farbenindex und bekannter Parallaxe andererseits, indem diese als schwarze Strahler angesehen werden.

Auf dem Gebiete der praktischen Beobachtungstechnik ist die Mitteilung persönlicher Erfahrungen von besonderem Wert und F. SCHLESINGERS einheitliche Darstellung seiner Methode der photographischen Bestimmung trigonometrischer Sternparallaxen oder P. GUTHNICKS Bericht über lichtelektrische Photometrie dürften daher willkommen sein.

In einer kritischen Untersuchung über das gegenwärtig vorliegende Material der Eigenbewegungen kommt E. GROSSMANN zu dem Schlusse, daß diese noch mit erheblichen systematischen Fehlern behaftet sind, und daß neue Fundamentalbeobachtungen dringend notwendig sind.

Da in Sternhaufen die physischen Mitglieder praktisch in gleicher Entfernung von uns gelegen sind, bieten diese Objekte eine günstige Gelegenheit zum Studium der Beziehung zwischen absoluter Helligkeit und Spektraltypus oder Farbe. Dies kann an Hand von Farbenhelligkeitsdiagrammen geschehen und P. TEN BRUGGENCATE untersucht solche für 2 kugelförmige und 3 offene Sternhaufen. Man darf indes bei der Interpretation solcher Diagramme nicht übersehen, daß Farbenbestimmungen schwacher Sterne mit erheblichen systematischen Fehlern behaftet sein können und nicht das gleiche Vertrauen verdienen wie Beobachtungen des Spektraltypus.

Eine Studie von M. WOLF über die Sternleeren der Milchstraße in der Gegend von S Monocerotis ist von schönen photographischen Reproduktionen dieser Gegend begleitet. Aus Sternzählungen werden Schlüsse gezogen über das diese Leeren verursachende absorbierende Nebelmaterial und dessen Entfernung. H. SHAPLEY skizziert ferner seine gegenwärtigen Arbeiten über die beiden Magellanschen Wolken.

Es erscheint gewiß natürlich, daß die Festschrift eine erhebliche Zahl von Beiträgen zu SEELIGERS Spezialgebiet, der Stellarstatistik, enthält. Unter diesen ist hervorzuheben W. SAMETINGERS Untersuchung über die Grenzen des typischen Sternsystems, die direkt an SEELIGERS bekannte klassische Arbeiten anknüpft. Das Verteilungsgesetz der Leuchtkräfte der Sterne, mit dem sich neben SAMETINGER auch P. J. VAN RHIJN befaßt, ist für die geringeren Helligkeiten noch recht unsicher bestimmt, doch führen die neueren Bearbeitungen im allgemeinen auf größere Häufigkeit der absolut schwachen Sterne, als dies KAPTEYNS Formel angibt. Bezeichnend für den Fortschritt unserer Kenntnis individueller Sternentfernungen ist, daß es nunmehr möglich ist, das Verteilungsgesetz der Leuchtkräfte auch für die verschiedenen Spektraltypen getrennt zu bestimmen, und R. HESS stellt in einem interessanten Diagramm die Verteilung der Sterne kontinuierlich als Funktion der absoluten Helligkeit und des Spektraltypus dar; dabei tritt natürlich die Trennung der Sterne in Riesen und Zwerge deutlich zutage.

ROBERT TRÜMPLER, Mt. Hamilton.

STRÖMGREN, ELIS, **Die Hauptprobleme der modernen Astronomie.** Aus dem Schwedischen übersetzt und in einigen Punkten ergänzt von WALTER E. BERNHEIMER. Berlin: Julius Springer 1925. 112 S. m. 31 Abbildungen im Text und 2 Tafeln. 14 × 22 cm. Preis 4,80 Goldmark.

Den gewaltigen Fortschritten der modernen Astronomie, die das neue Jahrhundert kennzeichnen, liegen meist Probleme der Stellarastronomie und Astrophysik zugrunde, und es werden in Verfolgung dieser großen Errungenschaften der jüngsten Zeit oft die Gedankengänge der klassischen Astronomie recht vernachlässigt.

Um den klassischen und den modernsten Fragen auf dem Gebiete der Astronomie in gleicher Weise gerecht zu werden, entstand das vorliegende Buch, ein Wegweiser und Lehrer für den gebildeten Laien. Gewissermaßen als Einleitung wird uns eine Problemstellung gegeben, die insgesamt sieben Hauptprobleme der Astronomie in ihrer heutigen und ihrer klassischen Bedeutung umfaßt. In einer Reihe in sich abgeschlossener Kapitel führt uns dann der Verf. an Hand bekannter Tatsachen in die oft nicht ganz einfachen Probleme der Astrometrie, Himmelsmechanik, Astrophysik und Stellarastronomie ein.

Im ersten Kapitel wird uns eine ausführliche Beschreibung einer Meridianbeobachtung gemacht, und man sieht weiter, welche Bedeutung solche genaue Positionsbestimmung zur Aufstellung von Sternkatalogen und zur Festlegung von Fundamentalsternen in der Astrometrie hat.

Ganz besonders interessant und wertvoll ist das Kapitel „Die Mechanik des Himmels". Verf. schildert uns, wie durch NEWTON jene bekannten KEPLERschen Gesetze der Planetenbewegung in der Form des Zwei-Körperproblems eine Erklärung fanden. Und weiter verfolgt man die Problemstellung der Mathematiker des 18. und 19. Jahrhunderts, welche in der Störungstheorie, in der Theorie der Mondbewegung und schließlich in der Aufstellung des Drei-Körperproblems ihren würdigen Abschluß finden. Es würde hier zuweit führen, auf alle die interessanten Aufgaben und Ziele der Himmelsmechanik einzugehen, die uns Verf. vor Augen führt, dessen Arbeiten auf dem Gebiet der theoretischen Astronomie so große Bedeutung haben.

Welcher Umschwung durch die Anwendung der Photographie in der Astronomie eingetreten ist, davon legt ein Vergleich zwischen der alten Mondkarte von SCHMIDT und einer modernen Mondaufnahme, und davon legt die wundervolle bildliche Ausstattung des Büchleins Zeugnis ab. Die folgenden Kapitel schildern dem Leser die Methoden der Helligkeitsmessungen an Sternen und machen ihn mit den Gesetzen der Spektralanalyse bekannt. Die Bedeutung der Spektralklasseneinteilung der Sterne als Temperaturskala wird durch eine kleine Tabelle gezeigt. Die Darstellung der Bestimmung und des Wertes anderer Farbenäquivalente

beschließt die Ausführungen dieses Kapitels. Welche wichtigen astronomischen Untersuchungen auf den Prinzipien der Spektralanalyse beruhen, das zeigt uns Verf. in den folgenden Abschnitten, in welchen uns ein Einblick in die physikalische Beschaffenheit des Sonnensystems gegeben wird. Bevor uns zum Schluß Verf. mit den modernsten Arbeiten der Stellarastronomie vertraut macht, lernen wir das Studium der Doppelsterne und die Forschungsergebnisse aus dem Gebiet der veränderlichen Sterne kennen.

Den Inhalt der letzten Kapitel der Arbeit faßt Verf. in 4 Punkte zusammen:

1. Stellung der Fixsterne, Sternhaufen und Nebel im Weltall,
2. ihre Bewegungsverhältnisse,
3. ihre physikalisch-chemische Beschaffenheit,
4. ihre Entwicklungsgeschichte.

Hier zeigt uns Verf., welche gewaltigen Ergebnisse gerade aus diesen Zweigen der Astronomie hervorgegangen sind.

Anlage und Ausstattung des Buches sind schon eine Empfehlung für sich; der Leser, der sich mit den astronomischen Arbeitsmethoden vertraut machen will, wird es mit Genuß und Nutzen lesen.

Rolf Müller, Berlin-Potsdam.

BOLTE, FRIEDRICH, und HEINRICH MELDAU, **Physik für Seefahrer unter besonderer Berücksichtigung der Funkentelegraphie.** Zugleich 5. Auflage lage des Boltzschen Leitfadens für den Unterricht in der Physik. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn Akt.-Ges. 1925. VI, 359 S. und 463 Abbildungen. 14 × 22 cm. Preis geh. 17,50, geb. 20 Goldmark.

Vor fünfundzwanzig Jahren wurde die Physik als gesondertes Unterrichtsfach in den Lehrplan der Seefahrtschulen eingefügt. Seitdem haben physikalisch-technische Einrichtungen starken Einfluß auf die Schiffsführung gewonnen, so daß es unerläßlich ist, die physikalische Ausbildung des Schiffsoffiziers auf eine breitere Grundlage zu stellen. Die damit den Seefahrtschulen zufallende Aufgabe ist bei der Kürze der für die Ausbildung verfügbaren Zeit und der Fülle der zu behandelnden Gegenstände nicht leicht. Ihr zu dienen ist der Zweck des vorliegenden Buches. Die Abgrenzung des Stoffes einer nautischen Physik wird stets einiger Schwierigkeit begegnen, weil sich an die physikalischen Probleme unmittelbar die technisch-nautischen Anwendungen anschließen. So könnte man z. B. an die Kreiselerscheinungen alles anschließen, was über den Kreiselkompaß zu sagen ist, an die Lehre vom Magnetismus die Deviationstheorie, an die Wärmelehre die Meteorologie usw. Die Verfolgung eines solchen Planes würde weit über den Zweck dieses Buches hinausgeführt haben; wir konnten unser Ziel nur darin sehen, die physikalischen Grundlagen klarzulegen. Das Verständnis der physikalischen Grundlagen und der technischen Ausführungen der drahtlosen Telegraphie ist heute für den nautischen Schiffsoffizier von so großer Bedeutung und das Fehlen einer geeigneten Einführung in diese Gebiete wird so stark empfunden, daß wir uns entschlossen haben, die Tradition des Boltzschen Leitfadens fortzusetzen und die Funkentelegraphie im allgemeinen so weit zu behandeln, wie sie der Nautiker zur Zeit beherrschen sollte. Abgesehen haben wir dabei von der Beschreibung der Einrichtung und der Behandlung des Bordpeilers. Ein solches Spezialinstrument kann nur ein Sonder-Handbuch genügend eingehend behandeln. Aus dem Vorwort.

WÜRSCHMIDT, JOSEPH, **Theorien des Magnetismus** Aus dem amerikanischen übersetzt. Braunschweig: Fr. Vieweg & Sohn 1925. X, 309 S. und 67 Abbild. 14 × 21 cm. Preis geh. 16, geb. 18 Goldmark.

Das National Research Council in Washington hatte eine Kommission zur Berichterstattung über die Theorien des Magnetismus eingesetzt. Zu diesem Komitee gehören S. J. Barnett, L. R. Ingersoll, J. Kunz, S. L. Quimby, E. M. Terry, S. R. Williams und A. P. Wills. Das vorliegende Buch ist die von Würschmidt besorgte Übersetzung des Berichtes, der im Bulletin of the National Researsch Council Vol. Nr. 18, August 1922, veröffentlicht ist. Den Originalbericht hat W. Schottky in den Naturwissenschaften 11, 385. 1923 bereits besprochen.

Metallographische Mitteilungen.

Journal of the Institute of Metals. (Band 32. 1924, II.) Dieser Band wird vollständig beherrscht von einer umfangreichen und in ihrer Art abschließenden Arbeit von Bengongh und May über die Korrosion des Messings in Kondensatorrohren, über die in dieser Zeitschrift bereits berichtet worden ist. Die anderen Arbeiten haben ganz überwiegend nur eine enger begrenzte technische Bedeutung. Über einige Arbeiten, die ein gewisses theoretisches Interesse haben, soll im folgenden berichtet werden.

D. Hanson und G. Ford haben im Rahmen einer größeren Arbeit über das Kupfer den Einfluß des Eisens untersucht und unter anderem festgestellt, daß die Fähigkeit des Kupfers, Eisen in fester Lösung aufzunehmen, bei hohen Temperaturen außerordentlich stark ansteigt. Bei tieferen Temperaturen bis unterhalb 700° liegt die Sättigungsgrenze unterhalb 0,2% und steigt oberhalb 700° schnell auf ca. 3,8% beim Beginn des Schmelzens bei 1080° an. Diese auffallende Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit ist besonders von Interesse in Analogie mit dem Duraluminproblem, bei welchem die bekannte Vergütung beim Lagern von Stücken, die vorher auf 400—500° erhitzt worden waren, meistens auf eine hochdisperse Ausscheidung einer zweiten Komponente aus einer übersättigten Lösung zurückgeführt wird. Diese Abscheidung kann normalerweise jedoch nicht beobachtet werden, und Fraenkel ist der Ansicht, daß die Vergütung des Duralumins damit nicht erklärt werden kann, worauf, weiter ausholend, näher eingegangen werden soll.

Ist die Ausscheidungstheorie der Vergütung richtig, so war auch bei eisenhaltigem Kupfer eine Vergütung zu erwarten, wenn eine durch Abschrecken übersättigte feste Lösung von Eisen in Kupfer unter geeigneten Bedingungen zum Zerfall gebracht würde. Diese Erwartung hat sich bestätigt. In einer Abb. sind die Härtezunahmen vom Kupfer mit 0,7% Eisen nach dem Abschrecken von 1000 und nach verschieden langer Erhitzung auf 300, 400 und 500° wiedergegeben. Bei einer Erhitzung auf höhere Temperaturen wird die Härte wieder geringer. Während die Härte bis um über 50% zunimmt, steigt die Zerreißfestigkeit auffallenderweise nur um 10%.

Damit ist ein neuer Beweis dafür erbracht, daß der Zerfall eines Mischkrystalles zu einem Gemenge von geeigneter Dispersität, die in der Regel unterhalb der mikroskopischen Wahrnehmbarkeit liegt, eine *Härtung* (Vergütung) einer Legierung herbeiführen kann.

Ob bei der Vergütung des Duralumins nicht noch andere Vorgänge eine Rolle spielen, bleibt eine offene

Frage, zumal es FRAENKEL anscheinend gelungen ist, derartige **Vorgänge beim Zink-Aluminium-System** nachzuweisen.

Das Zink bildet mit Aluminium eine Verbindung, Zn_3Al_2, die bei der Abkühlung unterhalb 260° in ein Gemenge zweier Mischkrystalle, eines zinkreichen und eines aluminiumreichen, zerfällt. Unterhalb 260° ist also die Verbindung nicht beständig. Durch Abschrekken von Temperaturen oberhalb 260° läßt sich die Verbindung Zn_3Al_2 zunächst im metastabilen Zustande erhalten. Sie zerfällt dann unter erheblicher Wärmeentwicklung, die gemessen werden kann.

FRAENKEL und GOEZ[1]) hatten diese Wärmeentwicklung nach verschiedenen Lagerzeiten bei 0° calorimetrisch gemessen und auf diese Weise den zeitlichen Reaktionsverlauf bestimmt. Es hat sich herausgestellt, daß die Reaktionsgeschwindigkeit den Gesetzen einer nicht umkehrbaren monomolekularen Reaktion folgt:

$$Zn_3Al_2 \rightarrow 3\,Zn + 2\,Al$$

Dieser Befund war überraschend, da die Reaktionsprodukte im krystallisierten Zustande auch Krystalle sind und als solche unter Keimbildung und nachfolgendem linearen Wachstum entstehen. Die Keimbildung ist ein langsam verlaufender Vorgang, und so war es zu erwarten gewesen, daß die Reaktionsgeschwindigkeit mit der Zeit zunächst zunehmen müßte, im Gegensatz zum Befunde. Diese Erwartung wurde bei einer typischen Reaktion im Krystallzustande — der Umwandlung des Schwefels — bestätigt gefunden. Beim Zerfall der Verbindung Zn_3Al_2 handelte es sich also um einen anders gearteten Vorgang, bei dem die Keimbildung keine Rolle spielt. FRAENKEL und GOEZ nahmen an, daß es sich hierbei um einen molekularen oder atomistischen Zerfall der Verbindung etwa in homogener Phase handelt, und daß die Umbildung dieses ersten Reaktionsproduktes unter Kernbildung in 2 Mischkrystalle sich als zweiter Vorgang daran anschließen muß.

TANABE berichtet nun im Journal of the Inst. of Metals neben verschiedenen anderen Beobachtungen über das Zink-Aluminium-Paar auch über die zeitlichen Veränderungen der Eigenschaften (Volumen, Härte). Das Volumen nimmt beim Zerfall der Verbindung Al_3Zn_2 erheblich ab, wie bereits BAUER und VOGEL festgestellt haben. Die Geschwindigkeit der Volumenabnahme scheint oft erst geringer zu sein und dann zuzunehmen. Das würde im Gegensatz zu FRAENKEL für einen normalen Verlauf einer heterogenen Reaktion sprechen, doch scheint es, daß bei den Versuchen von TANABE die Fehlerquellen nicht so sicher vermieden waren wie bei denen von FRAENKEL und GOEZ. Die Härte nimmt zuerst erheblich zu, beinahe bis um 100%, um dann wieder zu sinken. Welchem Zeitpunkt der Kontraktions- und Wärmeentwicklungsversuche das Maximum der Härte entspricht, läßt sich nicht mit Sicherheit sagen, doch scheint es, daß dieses etwa dem Ende der Wärmeentwicklung entspricht.

Der Verlauf der Härtekurve kann als eine Bestätigung der Annahme von FRAENKEL und GOEZ gedeutet werden, daß der Zerfall der Verbindung zunächst molekular verläuft, und daß man es hierbei noch mit einem zweiten Vorgang zu tun hat, der unter Härteabnahme und ohne nennenswerte Wärmeentwicklung und Volumenänderung verläuft, und der in der Ausbildung des heterogenen Gemenges aus dem zunächst homogenen Zerfallsprodukt besteht. Jedoch ist auch die andere Erklärung möglich, daß der Härteanstieg durch den Zerfall der Verbindung zu einem Gemenge von hoher Dispersität und ihr weiterer Abfall der spontan ansetzenden Abnahme der Dispersität (Rekrystallisation) entspricht.

Welche Beziehung hat das nun zum Duraluminproblem? Bei diesem besteht die bei gewöhnlicher Temperatur langsam eintretende Vergütung in einer wesentlichen Verfestigung zugleich mit einer geringen Erhöhung des elektrischen Widerstandes. Diese Widerstandserhöhung erfolgt nach den Untersuchungen von FRAENKEL nach demselben Zeitgesetz wie der Zerfall der Verbindung Zn_3Al_2, wenn auch viel langsamer, und das hat ihn auch bei Duralumin zu der Annahme geführt, daß es sich auch hier um einen homogenen *Reaktionsvorgang* handelt. Dem steht die beinahe allgemein verbreitete Ansicht entgegen, daß es sich um einen Zerfall eines übersättigten Mischkrystalls handelt, der bei einem hohen Dispersitätsgrade des ausgeschiedenen Bestandteiles die Verfestigung erklären kann. Unerklärt bleibt hierbei jedoch die Erhöhung des elektrischen Widerstandes und die Erniedrigung seines Temperaturkoeffizienten, beides Vorgänge, die für die *Bildung*, nicht aber für den Zerfall von Mischkrystallen charakteristisch sind.

Die Beobachtungen von FRAENKEL an Zn_3Al_2 zeigen nun, daß solche Vorgänge, wie er sie beim Duralumin angenommen hat, bei den Metallen anscheinend tatsächlich vorkommen können, während ihre Annahme bisher unwahrscheinlich erschien. Beim Duralumin besteht jedoch ferner die Schwierigkeit, daß man aus dem Zustandsdiagramm keine Anhaltspunkte für die Annahme von homogenen Bildungs- oder Zerfallsreaktionen von Verbindungen hat. Jedoch ist die Erforschung seiner Konstitution wohl noch nicht völlig abgeschlossen.

D. H. ANDREWS und J. JOHNSTON haben in einer Arbeit über die Anwendung der **idealen Löslichkeitskurve** zur Deutung von Gleichgewichtsdiagrammen in Metallsystemen versucht, die Gesetze der idealen Lösungen (die VAN 'T HOFFsche Formel) anzuwenden und auf diese Weise die Schmelzkurven einiger Legierungen zu berechnen. In den Fällen, wo die Metalle miteinander weder Verbindungen noch Mischkrystalle bilden, hat sich eine bemerkenswerte Übereinstimmung ergeben. Im Falle von Verbindungen kommt man zuweilen zu übereinstimmenden Resultaten, wenn man annimmt, daß die Verbindungen in der Schmelze undissoziiert enthalten sind.

Es scheint sich hieraus zu ergeben, daß die molekulare Struktur der metallischen Schmelzen bemerkenswert einfach ist. Eine Grundlage für eine zufriedenstellende quantitative Theorie der metallischen Schmelzen höherer Konzentrationen werden die Berechnungen von ANDREWS und JOHNSTON jedoch kaum bilden können, da schon die eine Voraussetzung — die Unabhängigkeit der Schmelzwärme von der Temperatur — wohl sicher nicht zutrifft, und da wir in der von VAN LAAR fortentwickelten VAN DER WAALSschen Theorie eine weit vollkommenere, wenn auch kompliziertere Berechnungsmethode besitzen.

T. M. TURNER und W. E. BALLARD teilen eine Reihe von Beobachtungen über das **Metallspritzverfahren nach Schoop** mit. Nach diesem Verfahren wird ein Metalldraht bekanntlich in einer Spritzpistole in einer Knallgasflamme geschmolzen, zerstäubt und auf die zu metallisierende Fläche geschleudert. Eine für die Beurteilung des Vorganges wichtige prinzipielle Frage ist, ob das verflüssigte Metall beim Auftreffen auf die Fläche schon erstarrt ist oder nicht. Die Verfasser bringen

[1]) Z. f. Metallkunde 17, 12. 1925.

Bilder, auf denen die aufgespritzten Metallteilchen wie gespritzte Flüssigkeitstropfen aussehen und schließen daraus, daß das Metall beim Aufspritzen noch flüssig ist. Die gute Haftfähigkeit der Niederschläge spricht wohl auch für diese Annahme.

Das Metallspritzverfahren ist noch eine junge Technik, die weitgehend entwicklungs- und vervollkommnungsfähig ist. Als Korrosionsschutzmittel können die aufgespritzten Metallniederschläge in der Zukunft eine große Rolle spielen. Zur Zeit gelingt es meistens noch nicht, sie genügend dicht zu machen. Von Interesse ist die Bemerkung der Verfasser, daß das Verfahren von SCHOOP als eine ausländische Erfindung in England längere Zeit, als es auf dem Kontinent schon eingeführt war, nur geringe Beachtung gefunden hat und erst in letzter Zeit eine größere Ausbreitung findet.

Die Gußeisenveredelung durch Legierungszusätze. E. PIVOVARSKY[1]) berichtet über systematische Versuche über den Einfluß verschiedener Zusätze auf die Eigenschaften des Gußeisens. Untersucht wurden Zusätze von: Aluminium, Titan, Nickel, Chrom, Chrom und Nickel gleichzeitig, Vanadin, Wolfram und Molybdän.

Das Aluminium (in Mengen bis 0,1%), fördert die Graphitausscheidung und macht das Gußeisen weicher und etwas geschmeidiger.

Das Titan (bis 0,58%) wirkt ähnlich wie das Aluminium fördernd auf die Graphitausscheidung, macht dieselbe aber zugleich bedeutend feiner. Hierdurch wird im grauen Gußeisen eine sehr erhebliche Verbesserung der technischen Eigenschaften bewirkt[2]). Im Guß befindet sich das Titan nicht als Legierungsbestandteil, sondern in Gestalt von Nitriden, Oxyden und Carbiden.

Das Nickel verbessert bei mäßigen Zusätzen (0,5—1%) die technischen Eigenschaften um 20—30% und zwar infolge Mischkrystallbildung mit dem Eisen. Bei höheren Zusätzen tritt durch erhöhte Graphitbildung, die nach PIVOVARSKY durch Nickel nicht verfeinert wird, eine Erniedrigung der Güteziffer ein.

Das Chrom verbessert die technischen Eigenschaften des Graugusses nicht wesentlich.

Chrom und Nickel gleichzeitig verbessern bei geringen Gehalten die Eigenschaften des Gußeisens nicht unerheblich. Bei Gegenwart von Chrom wird die Graphitbildung durch Nickel nicht so gefördert wie ohne Chrom.

Das Vanadin fördert sehr ausgesprochen die Carbidbildung, macht also das Gußeisen weißer, ohne es sehr spröde zu machen. Da die Anwendung des weißen Gußeisens eine recht beschränkte ist, kommt ein Zusatz des Vanadins zum Gußeisen also als praktisch kaum in Frage.

Das Wolfram und das Molybdän bewirken eine wesentliche Verbesserung der technischen Eigenschaften des Gußeisens, ohne die Graphitausscheidung zu beeinflussen. Die Verbesserung ist ausschließlich auf Mischkrystallbildung mit dem Ferrit zurückzuführen. Diese beiden Zusätze hält PIVOVARSKY für die technisch aussichtsreichsten.

Als Gesamtergebnis seiner Versuche betrachtet PIVOVARSKY die Verbesserung des Gußeisens durch Legierungszusätze für weniger aussichtsreich, als in den letzten Jahren meistens angenommen wurde. Jedoch darf man dieses Urteil von PIVOVARSKY wohl nur als ein vorläufiges betrachten. Es gibt wenige Probleme, die schwieriger sind als das des Gußeisens. Nicht nur ist die Menge der Bestandteile desselben (Fe, C, Si, Mn, P, S) sehr groß, sondern auch die Zementit-Graphit-Umwandlung nach der Erstarrung im Verlaufe der Abkühlung ist sehr kompliziert, und die technische Beherrschung seiner Entstehung sehr schwierig.

Neuere Entwicklung auf dem Gebiete der korrosionsbeständigen Stähle[1]). Der bekannte englische Metallurg und Industrielle W. H. HATFIELD hat einen zusammenfassenden Vortrag über diesen Gegenstand gehalten. Nach verschiedenen mißlungenen Versuchen, die Korrosionsbeständigkeit des gewöhnlichen Stahls durch geringe Zusätze dritter Elemente, z. B. Kupfer, zu erhöhen, ist man zur endgültigen Erkenntnis gelangt, daß nur durch Zusatz erheblicher Mengen von Nickel oder Chrom zufriedenstellende Resultate erzielt werden können. Ein Stahl mit 25—30% Ni ist recht korrosionsbeständig, aber viel zu teuer. Man ist deshalb auf das Chrom angewiesen. Für viele Zwecke stellt ein Stahl mit 13—14% Cr und mit 0,10—0,30% Cu ein Optimum dar, er ist gegen die meisten atmosphärischen Einflüsse und Lebensmittel beständig und läßt sich in einem walzbaren und bearbeitbaren Zustande herstellen. Noch wesentlich besser sind jedoch die Materialien, die außer Chrom auch Nickel enthalten, so z. B. ein Stahl mit 18% Cr und mit 8% Ni. Dieser Stahl ist gegen folgende Stoffe angriffsbeständig, die den Stahl mit 13—14% Cr noch angreifen: Phosphorsäure, Essigsäure, Ameisensäure, Weinsäure, Citronensäure, Milchsäure, Ammoniumsulfatlösung, gesättigte Sodalösung, 2proz. Jodlösung.

Diese Ausführungen von HATFIELD bringen eine Bestätigung des im wesentlichen bisher schon Bekannten. Der Stahl mit 18% Cr und mit 8% Ni kommt dem bekannten V2A-Stahl von Krupp nahe. Die Anwendung des letzteren in größerem Umfange scheitert zur Zeit an seinem hohen Preise, der in erster Linie wohl durch die Bearbeitungsschwierigkeiten bedingt ist.

G. MASING.

[1]) Stahl und Eisen **45**, 289. 1925.

[2]) Unter günstigen Eigenschaften werden im folgenden etwa die verstanden, welche für gutes Zylindereisen verlangt werden, also gute Lauffähigkeit bei geringer Abnutzung. Hierfür ist erfahrungsgemäß größere Härte und Zähigkeit bei feiner Graphitverteilung, bei einwandfrei grauem Charakter des Gusses, erwünscht.

[1]) Engineering, 13. III. 1925, Seite 319.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Zeemaneffekt in starken Magnetfeldern. Zur Erzeugung starker Magnetfelder verwendet man im allgemeinen Elektromagnete. Mit diesen gelingt es bestenfalls in einem kleinen Raume Felder bis zu etwa 80 000 GAUSS zu erzeugen. Für viele physikalische Untersuchungen wäre es sehr wichtig, wesentlich stärkere Felder erzeugen zu können. Mit Elektromagneten kommt man über die bisher erreichte Grenze nicht mehr hinaus wegen der Sättigung des Eisens. Man muß also, wenn man einen Fortschritt erzielen will, das Eisen vermeiden und zur Erzeugung des Feldes eisenfreie Spulen verwenden. Dieser Weg erscheint zunächst wenig aussichtsreich, weil zur Erzeugung starker Felder in eisenfreien Spulen sehr starke Ströme erforderlich sein würden, die erstens außerordentlich große Energiequellen und zweitens ganz besondere Vorrichtungen zur

Vermeidung einer übermäßigen Erwärmung der Spule erfordern würden, wenn man diese Felder für längere Zeit aufrechterhalten wollte. Für eine Reihe von wichtigen Versuchen genügt es aber, diese Felder nur für relativ kurze Zeit, also Bruchteile einer Sekunde, zur Verfügung zu haben. Dann lassen sich die genannten Schwierigkeiten überwinden. Tatsächlich ist nun auch seit einigen Jahren im RUTHERFORDschen Laboratorium von P. L. KAPITZA unter Benutzung starker Ströme durch eisenfreie Spulen eine Methode zur Erzeugung starker Felder ausgearbeitet worden, die es gestattet, in einem sehr kleinen Raume Felder bis zu 500 000 GAUSS für eine Zeitdauer von etwa $^1/_{300}$ sec. zu erzeugen. Es bedeutet dies einen außerordentlichen Fortschritt. Es sind mit dieser Anordnung bereits interessante Ergebnisse erzielt worden und weitere werden sicher noch folgen.

Die Anordnung von KAPITZA ist beschrieben in den Proc. Roy. Soc. London, Ser. A **105**, 691. 1924. Zur Erzeugung der starken Ströme dient eine besonders konstruierte Akkumulatorenbatterie, bei der zur Verringerung des Widerstandes jede Bleiplatte auf der einen Seite die positive Elektrode einer Zelle, auf der anderen Seite die negative Elektrode der benachbarten Zelle bildet. Diese Batterie wird mit Hilfe besonderer Stromschlüssel durch die aus Kupferband gewickelte Spule kurzgeschlossen. Die dabei fließenden Ströme werden mit Hilfe eines besonderen Oszillographen in ihrem zeitlichen Verlauf registriert. Sie haben während etwa $^1/_{300}$ sec. einen nahezu konstanten Wert und werden dann automatisch wieder ausgeschaltet. Die Stromstärken betragen maximal 6—7000 Amp.

Die erste Untersuchung, die mit dieser Anordnung durchgeführt wurde, war die Sichtbarmachung der Ablenkung der α-Strahlen in starken Magnetfeldern (Proc. Roy. Soc. London, Ser. A **106**, 602. 1924). Zu diesem Zweck wurde eine WILSONsche Nebelkammer in das Innere der Spule eingebaut. Da diese erheblichen Raum erfordert und das Feld in diesem Raum konstant sein mußte, konnten nur Felder bis zu etwa 45 000 GAUSS erreicht werden, die aber völlig ausreichten, um die Bahnen der α-Strahlen stark zu krümmen. Mit einem Elektromagneten wäre es nicht möglich gewesen, ein in dem erforderlichen Raume konstantes Feld von dieser Stärke zu erzeugen. Die genannte Arbeit enthält sehr schöne Bilder der gekrümmten α-Strahlbahnen. Aus dem gemessenen Verlauf der Krümmung ließen sich wichtige Rückschlüsse über Ladung und Geschwindigkeit der α-Strahlen ziehen.

Neuerdings ist nun eine Arbeit von KAPITZA und SKINNER (Proc. Roy. Soc. London, Ser. A **109**, 224. 1925) erschienen, in der die genannte Methode zur Untersuchung des ZEEMANeffektes in starken Magnetfeldern benutzt wird. Fig. 1 gibt ein schematisches Bild der Anordnung. Die Akkumulatorenbatterie 1 wird mit Hilfe der Stromschlüssel 2 durch die Magnetfeldspule C kurzgeschlossen. Gleichzeitig wird der in Öl getauchte Hochspannungsstromschlüssel 4 geschlossen. Durch diesen werden die Leydener Flaschen 5 von $^1/_{10}$ Mikrofarad, die durch einen Induktor mit Gleichrichter 6 auf etwa 30 000 Volt geladen sind, durch die Spule 8 entladen. Der dadurch in der Spule 9 induzierte Stromstoß zündet einen Funken, der im Innern der Spule C angebracht ist. Auf diese Weise kann erreicht werden, daß der Funken in dem Moment leuchtet, in dem das Feld im Innern der Spule einen konstanten Wert hat. Daß dies tatsächlich der Fall ist, wird durch Aufnahmen mit dem Oszillographen 3 kontrolliert. Der Funken, dessen Spektrum nun mit dem direkt davor angebrachten Quarzspektrographen aufgenommen wird, muß natürlich sehr hell sein, weil eine Exposition von etwa $^1/_{300}$ sec. ausreichen muß, um die erforderlichen Schwärzungen auf der Platte zu geben. Das Verhältnis der Windungszahlen der Spulen 8 und 9 ist deshalb so gewählt, daß bei etwa 1000—2000 Volt Funkenpotential ein Strom von etwa 1000 Amp. durch den Funken geht. Die Elektroden verdampfen dabei und geben ein sehr intensives Licht.

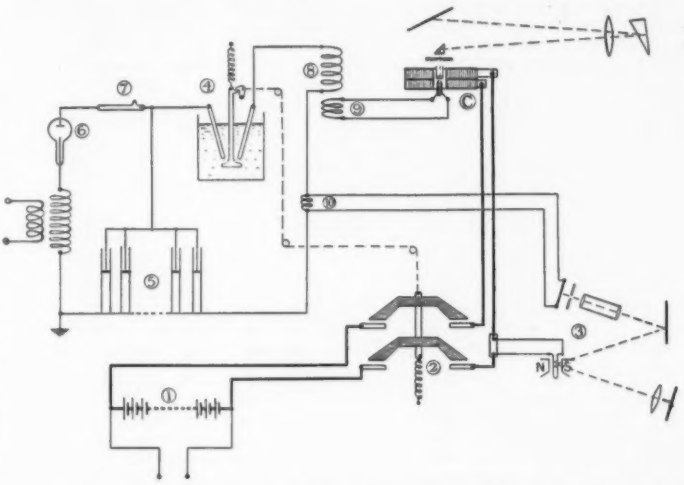


Fig. 1. Versuchsanordnung zur Beobachtung des ZEEMANeffektes in starken Feldern. 1 Akkumulatorenbatterie, 2 Stromschlüssel, C Magnetfeldspule ohne Eisen aus Kupferband, 3 Oszillograph, 5 Batterie von Leydener Flaschen, 6 Gleichrichter, 7 Wasserwiderstand, 4 Hochspannungsölschalter, 8 und 9 Transformatorspulen, im Innern von C die Funkenstrecke und darüber der Quarzspektrograph.

Dicht vor den Elektroden ist eine Quarzplatte angebracht, um die Lichtquelle auf den Raum innerhalb der Spule zu beschränken, in dem das Feld konstant ist. Die in Fig. 1 gezeichnete Anordnung dient zur Beobachtung des longitudinalen Effektes (es wird in Richtung des Magnetfeldes beobachtet); um auch den transversalen Effekt beobachten zu können, muß in der Spule ein Loch vorgesehen werden, durch das das senkrecht zu den Kraftlinien emittierte Licht in den Spektrographen gelangen kann. Als Elektrodenmaterial

wurden Kupfer, Aluminium, Zink und Magnesium verwendet. Die Linien traten teils in Emission, teils in Absorption auf. Außer den Linien des Elektrodenmaterials traten auch Linien anderer Metalle, vor allem die Funkenlinien von Ca und Mg auf. Es zeigte sich, daß die Linien dieser Metalle, die als Verunreinigungen in den Elektroden vorhanden waren, im allgemeinen schärfer waren als die Linien des Elektrodenmetalles. Diese Beobachtung machten sich die Verf. zunutze und brachten Spuren von einer Salzlösung des Metalles, das untersucht werden sollte, auf die Elektroden.

Es gelang so, die ZEEMANeffekte der stärksten Linien der Metallspektren bei Feldern bis zu 130 000 GAUSS aufzunehmen, während mit Elektromagneten bisher nur etwa 45 000 GAUSS erreicht werden konnten. Es wurde versucht, die Belastbarkeit der Spule noch dadurch zu steigern, daß dieselbe in flüssiger Luft gekühlt wurde. Dann wurden auch tatsächlich Felder bis zu etwa 250 000 GAUSS erreicht. Beim Stromdurchgang werden aber in der Spule solche Mengen adsorbierter Gase frei, daß ein heftiger Gasstrom entsteht, der den Funken ausbläst, so daß eine Aufnahme des Spektrums nicht möglich war.

Die bei Feldern bis zu 130 000 GAUSS erhaltenen Spektrogramme zeigen nun trotz der verhältnismäßig geringen Dispersion des verwendeten Quarzspektrographen (HILGER E_1, Dispersion $d = 17$ ÅE/mm bei $\lambda = 5000$ ÅE. und $d = 2{,}5$ ÅE. bei $\lambda = 2400$ ÅE.) deutlich die ZEEMANaufspaltungen. Da im allgemeinen der longitudinale Effekt beobachtet wurde, so besteht das Aufspaltungsbild in den meisten Fällen aus 2 Komponenten, die symmetrisch zur unzerlegten Linie liegen. Ein Beispiel hiervon gibt Fig. 2, die der Arbeit der Verff. entnommen ist. Dies Bild ist gegenüber der Originalplatte 6fach vergrößert. Auf den Originalplatten betragen die Abstände der Komponenten 0,15 bis 0,3 mm. In Wellenlängendifferenzen umgerechnet betrug die größte beobachtete Aufspaltung 5,8 ÅE. In Fig. 2 erkennt man, daß die Aufspaltungen der Linien verschieden groß sind. Das liegt daran, daß diese Linien sämtlich einen anomalen ZEEMANeffekt haben, so daß die Aufspaltungen Bruchteile oder Vielfache der normalen Aufspaltung sind. Bei manchen Linien z. B. der Ca-Linie 3934, die denselben ZEEMANtypus hat wie die D_2-Linie des Na, sind die beiden Komponenten in Wirklichkeit nicht einfach, was auch in einer größeren Breite der Linien zum Ausdruck kommt. Eine Trennung dieser Komponenten ist den Verff. bisher nicht gelungen. Da aber Verbesserungen der ganzen Anordnung sicher möglich sein werden, so darf man vorläufig die Hoffnung nicht aufgeben, daß es auch gelingen wird, bei solchen starken Feldern ähnlich schöne Aufspaltungsbilder zu erzielen, wie sie bei schwächeren Feldern mit Spektrographen hoher Dispersion und Auflösungskraft erzielt sind.

Aber auch so ließen sich schon interessante Ergebnisse aus der Vermessung der Platten erzielen. Besonders günstig sind hierfür Linien, die wie die Hg-Linie $\lambda = 4047$ (s. Fig. 2) doppelt normale Aufspaltung zeigen. Die Verff. maßen die Aufspaltung dieser Linie in Abhängigkeit von der Feldstärke und fanden, daß dieselbe oberhalb von 70000 GAUSS schneller anwächst, als der theoretisch zu erwartenden Proportionalität mit dem Felde entspricht. Bei 130 000 GAUSS ist die beobachtete Aufspaltung um 10% größer als die berechnete, ein Betrag, der weit außerhalb der möglichen Fehlergrenze liegt. Bei anderen Linien dagegen ist die Proportionalität innerhalb der Fehlergrenzen erfüllt. Diese Beobachtung ist theoretisch von großem Interesse, da sie auf Grund der bisherigen atomtheoretischen Vorstellungen auch unter Berücksichtigung des PASCHEN-BACK-Effektes nicht erklärt werden kann. Durch den letzteren, der bekanntlich in einer allmählichen Umwandlung des anomalen Aufspaltungsbildes in ein normales bei starken Feldern besteht, konnten andererseits die Erscheinungen bei anderen Spektrallinien erklärt werden. Die Verff. geben interessante Beispiele für das Auftreten des teilweisen und vollständigen PASCHEN-BACK-Effektes. Man wird bei weiterer Verbesserung der Versuchsanordnung gerade über diesen Effekt noch interessante Aufschlüsse erwarten dürfen.

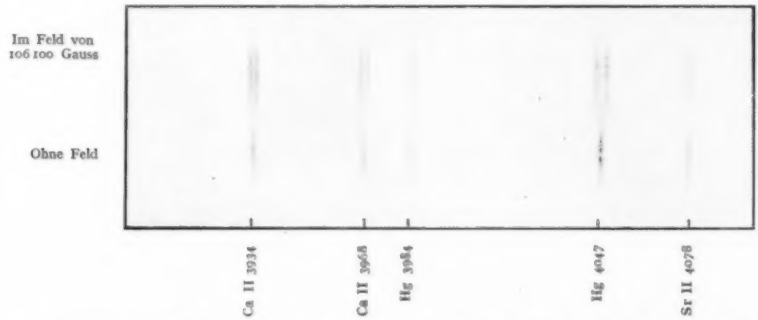


Fig. 2. ZEEMANaufspaltungen einiger Metallinien im Felde von 106 100 GAUSS bei longitudinaler Beobachtung. Die beiden Ca II-Linien sind den D-Linien des Na analog. Die Hg-Linie 4047 hat doppelt normale Aufspaltung, die Sr-Linie 4078 dieselbe Aufspaltung wie Ca II 3934.

W. GROTRIAN.

Die geometrische Lösung von Farbenmischungsaufgaben. (J. GUILD, Transact. opt. soc. London **26**, 139—174. 1925.) Wie die meisten Forscher *außerhalb* Deutschlands (!) steht GUILD auf dem Boden der HELMHOLTZschen Theorie. Er gibt in dem Aufsatz eine einfache Darstellung, fast könnte man sagen eine Anleitung für die graphischen Methoden zur Lösung von Farbenmischungsaufgaben, illustriert durch zahlreiche Beispiele ihrer Anwendung auf die praktische Colorimetrie. Trotz der prinzipiellen Einfachheit dieser Dinge — es

handelt sich ja immer wieder nur um die altbekannte NEWTONsche Schwerpunktkonstruktion — dürften manche dem Verf. Dank wissen, denn das Gebiet hat seine eigenartigen Tücken. Eine davon ist die Notwendigkeit, stets 2 Arten von Einheiten im Auge zu behalten, die „weißgleichen" Einheiten („trichromatic units"), die so gewählt sind, daß gleiche Quanta der 3 Grundfarben, gemischt, weiß ergeben, und die „Einheiten gleicher Helligkeit" („luminosity units"), *so* gewählt, daß Einheitsquanta der 3 Grundfarben gleichen Helligkeitswert haben, wobei dann die Summe der drei (in diesen Einheiten gemessenen) Grundfarbenanteile einer beliebigen Farbe die Helligkeit dieser Farbe bestimmt. Brauchbare Umrechnungsfaktoren für die konventionellen KÖNIGschen Grundfarben dürften zum erstenmal von FRANZ EXNER[1]) angegeben worden sein, nach ihm verhalten sich die Helligkeitswerte „weißgleicher" Quanta von Grundrot, Grundgrün, Grundblau wie 1 : 0,756 : 0,024. Die von GUILD verwendeten IVESschen Zahlen (0,568 : 0,426 : 0,006 = 1 : 0,750 : 0,011) weichen davon, in Anbetracht der Nebensächlichkeit des sehr kleinen Blauwertes, nur unwesentlich ab. (NB.: Die *geringe* spezifische Helligkeit des Blau ist einer der Gründe für die Notwendigkeit dauernd mit den 2 Arten von Einheiten zu rechnen; ein Zusatz von Grundblau kann Farbton und Sättigung völlig abändern, ohne noch auf die Helligkeit irgendeinen merkbaren Einfluß zu haben.)

Der Verf. bedient sich durchweg anstatt des üblichen gleichseitigen eines *rechtwinkeligen* Farbendreiecks, ein Gedanke, der auch vom Colorimetriekomitee der American Optical Soc. angenommen ist. Durch die viel größere Leichtigkeit, mit der dann alle Konstruktionen auf gewöhnlichem Millimeterpapier ausgeführt werden können, wird der Verlust an formaler Symmetrie reichlich aufgewogen. Daß diese Symmetrie übrigens etwas rein Äußerliches ist, das physiologisch bestimmt nicht zu Recht besteht, beweisen die oben angeführten Helligkeitskoeffizienten.

Zwei Gruppen sind heute an der wissenschaftlichen Farbenfrage besonders interessiert, nämlich erstens — wie schon von jeher — die Sinnesphysiologen, zweitens die Beleuchtungstechniker. Daß hier auch im einzelnen eine Anzahl *gemeinsamer* Probleme vorliegen, scheint mir vielleicht doch nicht allgemein genug bekannt, um nicht bei dieser Gelegenheit darauf hinzuweisen. Es sind vor allem diejenigen Probleme, die sich um den vielumstrittenen Helligkeitsbegriff scharen[2]) und die durch das einfache Schema der Dreieckskonstruktionen bei weitem nicht erschöpft sind.

So ist z. B. die oben erwähnte additive Berechenbarkeit der Helligkeit einer Farbe aus ihren Grundempfindungsanteilen, oder, praktisch gesprochen: die Additivität der Helligkeiten superponierter Lichter — durch die sorgfältigen Messungen von F. EXNER[3]), K. W. F. KOHLRAUSCH[4]) und H. E. IVES[5]) zwar in groben Zügen gesichert, doch möchten wir GUILD nicht beistimmen, wenn er diese Frage „bei passender Definition der Helligkeit" schon außerhalb jeder Diskussion stehen sieht. Der relativ große Rotkoeffizient (s. o.) würde im äußersten Violett des Spektrums, wo physiologisch wieder ein starker Rotanteil auftritt, einen leichten „Buckel" — nicht gerade ein Maximum, aber einen verzögerten Abfall — der Helligkeitskurve des Spektrums erwarten lassen, welcher durch direkte Helligkeitsmessungen nach den verschiedensten Methoden *nicht* bestätigt wird. Auch KOHLRAUSCHS Messungen zeigen für *rote* Pigmente systematische Abweichungen von der Additivität, die reell sein können.

Eine weitere hierher gehörige Frage ist die nach der individuellen Variationsbreite der Helligkeitskoeffizienten, die nach Messungen ABNEYS[1]) größer zu sein scheint als die individuellen Variationen des Farbensystems *ohne* Rücksicht auf die Helligkeit.

Ebenfalls von gleich großem Interesse für die Physiologie wie für praktische Beleuchtungsprobleme sind die Fragen des simultanen Helligkeitskontrastes. Betrachtet man eine mäßig helle Farbfläche durch ein schwarzes Papprohr, mit kleiner Blende am entfernteren Ende (ca. 1—2° Winkeldurchmesser), so zeigt der binokulare Vergleich das ausgeblendete Flächenstück *augenblicklich* (also ohne eigentliche Adaptation) etwa dreimal so hell wie das ohne schwarze Umrahmung Gesehene, was durch Herstellung einer Vergleichsfarbe am Farbenkreisel leicht demonstriert und messend verfolgt werden kann. Ein solches Papprohr (mit etwas größerer Öffnung), das man *dicht* vor das eine Auge hält, kann nach einer Minute Adaptation beinahe eine Taschenlampe ersetzen, um z. B. in einem finsteren Winkel nach etwas zu suchen. Für den Beleuchtungstechniker wäre es der Prüfung wert, ob Matt- und Milchglasbirnen, die vielfach noch als Luxus gelten, weil sie Licht fortnehmen, nicht gleichwohl eine *ökonomischere* Ausnützung der verfügbaren Lichtmenge herbeiführen, indem sie das Auge vor dem mit der Blendung verbundenen subjektiven Helligkeitsverlust schützen.

Besonderes Augenmerk verdient die Tatsache, daß die von GUILD erläuterten Konstruktionen im Farbendreieck bekanntlich nur für das reine Tagessehen Geltung haben. Bei den üblichen künstlichen Beleuchtungsstärken ist die Einmischung des Dämmerungsapparates (der Stäbchen) durchaus nicht mehr ganz unbedeutend. In praktisch besonders wichtigen Fällen, so beim Lesen, Schreiben, bei weiblichen Handarbeiten wird nun allerdings ein bestimmter Beleuchtungserfolg in erster Linie an der Stelle des deutlichsten Sehens angestrebt, wo die Stäbchen *fehlen*. Dann ist die Anwendung des Farbendreiecks, legitim und man hat nur — was nicht immer ganz leicht ist — dafür zu sorgen, daß auch die *Messungen*, welche die Konstruktionsdaten liefern, mit den *Zapfen* allein ausgeführt werden. Ein extremes Beispiel einer künstlichen Beleuchtung, die *nicht* nach ihren Eigenschaften für das Tagessehen bewertet werden darf, liefert die rote Dunkelzimmerlampe. In ihrem Licht sehen wir wegen der Unempfindlichkeit der Stäbchen gegen lange Wellen *viel* schlechter als bei einer weißen oder gelben Beleuchtung von solcher Stärke, daß ihr vom Standpunkte des Tagessehens der gleiche Helligkeitswert zukäme. Damit hängt m. E. auch die besondere Eignung *roter* Beleuchtung für *mediumistische* Experimente zusammen, wobei es für die physiologisch-optische Seite der Sache ja nicht darauf ankommt, ob das hochempfindliche Dämmerungsorgan des *Mediums* — oder am Ende gar das der *Kontrollpersonen* so zarte Rücksichtnahme erfordert!

E. SCHRÖDINGER.

[1]) F. EXNER, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien. Mathem.-naturw. Kl. IIa **129**, 27. 1920.

[2]) Vgl. auch J. v. KRIES, Zeitschr. f. techn. Phys. **5**, 327. 1924.

[3]) F. EXNER, l. c. **127**, 1829. 1918.

[4]) K. W. F. KOHLRAUSCH, Phys. Zeitschr. **21**, 423. 1920.

[5]) H. E. IVES, Journ. Franklin Inst. **195**, 23. 1923. Vgl. auch die IVESschen Arbeiten in Philosoph. mag. 1912.

[1]) W. ABNEY, Proc. of the roy. soc. of London, Ser. A **83**, 462; **84**, 449. 1910; **86**, 42. 1911; **87**, 326. 1912.

Additions to our knowledge of old spectacles. M. von Rohr, a summary of papers published in 1923—24 relating to the subject of the Thomas Young Oration of 1923. (MS. rec. 16. II., read and disc. 12. III. 25. Trans. Opt. Soc. 1924/5. **26**, 175—87, 9+.) Die hier vorliegende Arbeit wird nicht wegen der Beschreibung alter Brillen besprochen, sondern weil sich darin Hinweise auf ein älteres Hilfsmittel zum Sehen in die Ferne finden, das auch weiteren Leserkreisen von einiger Wichtigkeit erscheinen mag.

Im Jahre 1585 ist in London eine umfänglichere Schrift verfaßt und ein kurzer Hinweis gedruckt worden, die beide von einem *perspective glass* Kunde geben, das zu so früher Zeit zum Sehen in die Ferne diente. Es handelte sich dabei um kein zusammengesetztes Gerät nach Art des holländischen Fernrohrs, sondern um eine einfache Sammellinse gelegentlich von sehr großer Brennweite und recht bemerkenswertem Durchmesser. Das von ihr entworfene Bild wurde mit bloßem Auge betrachtet, erschien vergrößert, und zwar dem Übersichtigen aufrecht, dem Kurzsichtigen aber auf dem Kopfe stehend. Nachforschungen in Schriftwerken wenig späterer Zeit ließen erkennen, daß auch J. B. Porta 1589 und J. Kepler 1604 von solchen Hilfsmitteln Kenntnis hatten. Nach der Darstellung des Letztgenannten ist es nicht unwahrscheinlich, daß man auf eine solche Verwendung ganz schwacher Sammellinsen durch Versuche in der damals weit verbreiteten dunklen Kammer *(camera obscura)* gekommen ist. Auch nach der Erfindung und Weiterbildung des zusammengesetzten Fernrohres hat man jene *perspective glasses* noch verwandt. Beispielsweise hat noch 1719 I. Newtons Schüler J. A. Desaguliers, Schiffern eine so einfache Vorkehrung empfohlen, um mit dem Zeitpunkt der Bedeckung der Jupitermonde eine sichere und bequeme Prüfung des Ganges der Schiffsuhren zu erhalten. Beachtet man eine so hohe Bewertung der schwachen Sammellinse noch im ersten Viertel des 18. Jahrhunderts, so wird man ermessen, wieviel man um 1585 in England am Himmel hätte entdecken können, wenn man das *perspective glass* auf die Sterne gerichtet hätte. Doch hat erst Galilei seit 1609 dieses Forschungsgebiet erkannt und mit dem glänzendsten Erfolge bestellt, obwohl sein erstes Fernrohr eine merklich schwächere Vergrößerung lieferte als das *perspective glass* von 1585.

Kleinere Linsen dieser Art wurden nach der ausführlicheren Schrift von 1585 als einzelne Brillengläser getragen, und zwar scheint es nach einer gelegentlichen Erwähnung in dem Shakespeareschen Stücke „As you like it", als seien für Augenhilfen solche einzelnen *perspective glasses* damals in der Hofgesellschaft bevorzugt worden. (Mit ziemlicher Sicherheit wird man annehmen können, daß als Brillengläser nicht nur Sammel-, sondern auch Zerstreuungslinsen verwandt wurden.) Die minder begünstigten Volksschichten mögen dagegen — nach „Coriolanus" Bügelbrillen *(spectacles)* getragen haben.

In Deutschland nannte man, wie hier hinzugefügt sei — wohl seit dem Ausgang des 17. Jahrhunderts — solche dem Auge vorgehaltenen Einzellinsen *Ferngläser*, und diese Bezeichnung findet sich in der Schlegel-Tieckschen Shakespeare-Übersetzung für das oben angeführte *perspective glass*. Das ist auch nicht wunderbar, weil sich diese aus der Renaissancezeit stammende Sitte des leicht zu entfernenden Vorhalteglases auf dem Umwege über Frankreich auch in der deutschen Oberschicht eingeführt hatte. Besonders bezeichnete man eine einzelne Zerstreuungslinse als *Fernglas*, womit sich der Kurzsichtige in der Gesellschaft einen flüchtigen Blick auf die fernere Umgebung ermöglichte. Auch hierfür läßt sich ein Dichterwort aus dem Ausgang des 18. Jahrhunderts anführen, nämlich Wagners Klage:

> Ach! wenn man so in sein Museum gebannt ist,
> Und sieht die Welt kaum einen Feiertag,
> Kaum durch ein Fernglas, nur von weiten,
> Wie soll man sie durch Überredung leiten?

Die dem unter seinem kurzen Gesicht leidenden Goethe geläufige Vorstellung wird sofort klar, wenn man an ein (namentlich etwas weitab gehaltenes) Zerstreuungsglas denkt, wo die Einzelheiten zwar scharf, aber verkleinert („von weiten") erscheinen. An ein Fern*rohr*, das wir heute leider nur zu häufig als gleichbedeutend mit Fern*glas* benutzt finden, darf man nicht denken, da dieses ja nach seiner Winkelvergrößerung ferne Gegenstände gerade „heranzieht."

Selbstanzeige.

Über schnelle Elektronenstrahlen im freien Luftraum. Da die Kathodenstrahlen mit den beim radioaktiven Zerfall auftretenden β-Strahlen identisch sind, hat man verschiedentlich versucht, Elektronen hoher Geschwindigkeit in die Luft eintreten zu lassen, um so die medizinisch-physiologische Wirkung von β-Strahlen zu erzielen. Jetzt ist es nach einer vorläufigen Mitteilung W. D. Coolidge gelungen, Elektronen hoher Geschwindigkeit und erheblicher Menge in den Luftraum zu überführen (Science. 13. XI. 1925). Als Elektronenquelle dient eine Glühkathode, wie in den modernen Röntgenröhren. Die angelegte Spannung entspricht auch den neuesten Groß-Röntgenanlagen bis 250 kV. Der Strom in der Röhre erreicht einige Milleampere. Ein kleines, dünnes *Al*-Fenster (Lenard 1894) ist also zum Austritt so erheblicher Elektronenintensitäten nicht geeignet. Durch eine besondere Konstruktion kann ein *Al*-Fenster von 0,025 mm Stärke und 8 cm Durchmesser benutzt werden. Die niedrigste Röhrenspannung, bei der die Wirkung von schnellen Elektronenstrahlen dicht vor dem Fenster bemerkbar wird, beträgt 70000 V. Die größte beobachtete Reichweite war bei 250 kV bereits 46 cm. Die Reichweite in Luft von Atmosphärendruck läßt sich durch eine lineare Funktion der angelegten Spitzenspannung darstellen: Reichweite in cm $= 0{,}254 \cdot \text{kV} - 17{,}8$.

Bemerkenswert ist die Leuchterscheinung, die sich mit steigender Spannung immer weiter von dem Fenster ausbreitet, ein purpurfarbenes Glimmlicht, das sich infolge der Streuung auch nach den Seiten ausbreitet. Die Wirkung der Strahlen ist im Vergleich zu normalen *Ra*-Präparaten ganz gewaltig: Rizinusöl verwandelt sich sehr schnell in einen festen Körper, gelber Rohrzucker wird weiß und gibt bei nachfolgender schwacher Erwärmung beträchtliche Mengen Gas ab. Durch Bestrahlung von $^1/_{10}$ s Dauer traten am Ohr eines Kaninchens bereits die Verbrennungswirkungen normaler *Ra*-Strahlung auf, Sporen von Bacterium subtile wurden getötet und große Stubenfliegen vernichtet. Lü. (E. T. Z. 11. 2. 26).

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.